

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA  
MODULAR DE 9.6 m<sup>3</sup> PARA CONSERVACIÓN DE VACUNAS**

**AUTORES:**

**NELSON FABIÁN CATUCUAGO ZURITA  
LUIS IVÁN TIPÁN SUNTAXI**

**DIRECTOR:**

**SALVATORE REINA**

**Quito, mayo de 2015**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros Nelson Fabián Catucuago Zurita & Luis Iván Tipán Suntaxi autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

---

**Nelson Fabián Catucuago Zurita**

**CI: 171332221-0**

---

**Luis Iván Tipán Suntaxi**

**CI: 171530071-9**

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de ingeniero mecánico ha sido desarrollado en su totalidad por los señores: Nelson Fabián Catucuago Zurita y Luis Iván Tipán Suntaxi.

Los conceptos desarrollados, análisis, cálculos realizados conclusiones y recomendaciones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores

---

**Ing. Salvatore Reina**  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a Dios por darme la fortaleza y sabiduría, a mi madre Carmen Zurita por su apoyo y consejos. A mi padre José Catucuago por su confianza, apoyo y sacrificio, a mi esposa Paula Arboleda por ser mi ejemplo de superación y mi compañera inseparable de cada día, mi fortaleza y mi aliento, a mi hijo Ezequiel Catucuago por ser un motor de alegría y amor para superarme cada día, a mis hermanos: Diana, Mayra, Estefanía, José David y Santiago por compartir conmigo en las buenas y en las malas desde la niñez. A mi abuelito José Manuel por sus consejos y sabiduría que me ha compartido. A mi suegra Cristina Morales por el gran apoyo que ha sido siempre. A ellos este proyecto, que sin ellos no hubiese podido ser.

**Nelson Fabián Catucuago Zurita.**

El presente proyecto se lo dedico a Dios por darme la fuerza necesaria para poder seguir en el camino correcto, a mi madre María Sntaxi por brindarme su amor incondicional y valentía para terminar mi carrera, a mi padre José Tipán mi ejemplo de perseverancia y dedicación a mis hermanas: Pilar, Janeth y Jessica por ser unas amigas que compartieron toda mi etapa estudiantil siendo mis más fieles consejeras, al Sr. José Catucuago por compartir su experiencia y conocimiento para la fabricación y montaje del proyecto, a mis amigos que me brindaron su confianza en los momentos más duros de mi carrera.

**Luis Iván Tipán Sntaxi**



## **AGRADECIMIENTO**

A los Ingenieros Salvatore Reina y Tomás Ibujes que con sus conocimientos y paciencia han hecho posible que culminemos este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana y a todos sus profesores por habernos formado como profesionales

**Nelson Fabián Catucuago Zurita**

**Luis Iván Tipán Suntaxi**

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
1.1 Vacunas.....	3
1.1.1 Definición .....	3
1.1.2 Tipos de vacunas.....	3
1.1.3 Vacuna de virus vivo o atenuadas.....	3
1.1.4 Vacuna elaborada con microbios muertos o vacuna inactivada .....	3
1.1.5 Vacuna toxoide .....	3
1.1.6 Vacuna biosintética.....	4
1.1.7 Manipulación y transporte de vacunas.....	4
1.1.8 Conservación de vacunas .....	4
1.1.9 Apertura de los envases. ....	4
1.1.10 Exposición a la luz. ....	5
1.1.11 Temperatura .....	5
1.1.12 Controladores de temperatura. ....	6
1.1.13 Indicadores químicos: .....	6
1.1.14 Interrupción de la cadena de frío. ....	6
1.1.15 Medidas utilizadas para proteger a las vacunas. ....	7
1.1.16 Aspecto físico de las vacunas .....	8
1.1.17 Normas HACCP.....	9
1.1.18 Prerrequisitos .....	10
1.1.19 Cámaras frigoríficas para almacenamiento de vacunas.....	12
1.2 Conceptos principales de refrigeración.....	12
1.2.1 Refrigeración .....	12
1.2.2 Congelación.....	13
1.2.3 Calor.....	14
1.2.4 Transferencia de calor .....	14
1.2.5 Conducción.....	15
1.2.6 Convección.....	15
1.2.7 Radiación.....	15
1.2.8 Conductividad térmica.....	15
1.2.9 Capacidad de refrigeración.....	15

1.2.10 Efecto refrigerante .....	15
1.2.11 Enfriamiento sensible .....	16
1.2.12 Enfriamiento latente .....	16
1.2.13 Entropía.....	16
1.2.14 Entalpía.....	16
1.2.15 Compresión.....	16
1.2.16 Evaporación.....	17
1.2.17 Calor de compresión.....	17
1.2.18 Succión .....	17
1.2.19 Condensación .....	17
1.2.20 Deshidratación.....	17
1.2.21 Btu/h.....	17
1.2.22 Aislamiento.....	17
1.2.23 Poliuretano.....	17
1.2.24 Ciclos de refrigeración .....	17
1.2.25 Coeficiente de rendimiento aceptable y porcentaje de eficiencia .....	19
1.3 Ciclos térmicos .....	20
1.3.1 Ciclo saturado simple. ....	20
1.3.2 Ciclo real. ....	24
1.3.3 Ciclo simple real vs ciclo teórico .....	25
1.3.4 Efecto del sobrecalentamiento en la succión.....	26
1.3.5 Efecto del subenfriamiento del líquido.....	27
1.3.6 Efecto de las caídas de presión en el ciclo .....	23
1.4 Máquinas refrigeradoras .....	28
1.4.1 Elementos constitutivos de una cámara de conservación.....	28
1.5 Aplicaciones de refrigeración .....	30
1.5.1 Introducción.....	30
1.5.2 Refrigeración doméstica.....	31
1.5.3 Refrigeración comercial .....	31
1.5.4 Refrigeración industrial.....	31
1.5.5 Refrigeración marina y de transporte .....	32
1.5.6 Acondicionamiento de aire.....	32
1.5.7 Conservación de alimentos.....	32
1.6 Sistemas de refrigeración.....	32

1.7	Refrigerante R-404 a.....	33
1.7.1	Introducción.....	33
1.7.2	Alternativas viables en la selección del refrigerante .....	34
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>		<b>37</b>
<b>DISEÑO DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN .....</b>		<b>37</b>
2.1	Diseño técnico y estudio mecánico.....	37
2.1.1	Estudio o necesidad en una cámara de conservación .....	37
2.1.2	Selección del sitio de ubicación .....	37
2.1.3	Dimensiones en función de la carga de las vacunas a conservarse .....	38
2.1.4	Selección de condiciones de conservación.....	39
2.2	Cálculo de carga de refrigeración y selección de materiales. ....	40
2.2.1	Metodología de cálculo. ....	40
2.2.2	Dimensionado y selección del aislamiento.....	42
2.2.3	Cálculo de carga térmica. ....	43
2.2.4	Flujo de calor a través de las paredes. ( $Q_1$ ) .....	44
2.2.5	Entradas de aire exterior a la cámara. ( $Q_2$ ).....	46
2.2.6	Calor aportado por los motores. ....	50
2.2.7	Calor aportado por las personas. ....	51
2.2.8	Calor liberado por la iluminación.....	52
2.2.9	Conservación del producto .....	53
2.2.10	Potencia nominal frigorífica.....	56
2.2.11	Potencia nominal frigorífica en BTU/h. ....	56
2.2.12	Análisis del ciclo frigorífico diagrama p-h del refrigerante R-404a .....	57
2.2.13	Rendimiento volumétrico. ....	62
2.2.14	Rendimiento mecánico. ....	62
2.2.15	Rendimiento isentrópico.....	63
2.2.16	Calor absorbido por el evaporador (producción frigorífica específica). ....	64
2.2.17	Caudal másico de fluido frigorífico (R-404a) .....	64
2.2.18	Volumen específico del R-404a. ....	64
2.2.19	Producción frigorífica volumétrica.....	64
2.2.20	Potencia frigorífica del evaporador. ....	65
2.2.21	Caudal volumétrico del compresor.....	65
2.2.22	Caudal real.....	65

2.2.23 Relación de compresión. ....	65
2.2.24 Trabajo específico de compresión. ....	66
2.2.25 Potencia real del compresor.....	66
2.2.26 Coeficiente de rendimiento.....	66
2.2.27 Potencia indicada.....	67
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	68
<b>INSTALACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA</b> .....	68
3.1 Introducción .....	68
3.2 Selección de equipos y accesorios .....	68
3.2.1 Capacidad de la unidad condensadora.....	68
3.2.2 Selección del evaporador.....	69
3.2.3 Selección de la válvula de expansión .....	70
3.2.4 Selección de la válvula solenoide.....	71
3.2.5 Selección de manómetros .....	72
3.2.6 Selección de la válvula reguladora de presión de evaporación .....	72
3.2.7 Conexiones de bronce y cobre.....	73
3.2.8 Selección del control programable de temperatura. ....	74
3.2.8.1 Descripción.....	74
3.2.8.2 Especificaciones técnicas.....	74
3.2.9 Selección del sifón .....	75
3.2.10 Selección de la tubería.....	76
3.2.11 Selección de los contactores.....	76
3.3 Planificación del ensamble de los componentes de nuestro sistema.....	77
3.4 Instalación de los equipos y accesorios.....	78
3.4.1 Unidad condensadora .....	78
3.4.2 Instalación del evaporador.....	78
3.4.3 Instalación de la válvula de expansión .....	79
3.4.4 Ubicación del bulbo.....	80
3.4.5 Instalación de la válvula solenoide.....	81
3.4.6 Instalación de la válvula reguladora de presión de evaporación .....	82
3.4.7 Instalación de la tubería.....	83
3.4.8 Acoples mecánicos y soldadura de plata .....	84
3.4.9 Instalación del sistema eléctrico .....	86
3.4.10 Prueba de fugas.....	86

3.4.11 Proceso de vacío .....	87
3.5 Carga de refrigerante en el sistema .....	88
3.6 Ajuste y comprobación del equipo de seguridad .....	89
3.7 Calibración del controlador programable de temperatura. ....	89
3.8 Pruebas de funcionamiento del equipo.....	91
3.8.1 Termómetro digital.....	91
3.8.3 Multímetro.....	92
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>93</b>
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO .....</b>	<b>94</b>
4.1 Inversión.....	94
4.2 Gastos de personal.....	94
4.3 Gastos de elementos estructurales .....	95
4.4 Gastos de equipos.....	95
4.5 Costo de accesorios .....	96
4.6 Gastos varios .....	97
4.7 Gastos generales .....	97
4.8 Presupuesto total de inversión.....	97
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>LISTA DE REFERENCIAS .....</b>	<b>100</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema de refrigeración práctico. ....	18
Figura 1.2 Diagrama p-h de un ciclo saturado simple teórico. ....	20
Figura 1.3 Diagrama p-h ciclo real.....	24
Figura 1.4 Diagrama p-h ciclo teórico vs ciclo simple real. ....	26
Figura 1.5 Diagrama p-h efecto de sobrecalentamiento en la succión.....	27
Figura 1.6 Diagrama p-h efecto del subenfriamiento del líquido. ....	28
Figura 1.7 Diagrama p-h efecto de las caídas de presión.....	23
Figura 2.1 Recipientes plásticos.....	38
Figura 2.2 Esquema de cámara. ....	39
Figura 2.3 Diagrama p-h del refrigerante R-404a.....	60
Figura 3.1 Unidad condensadora.....	69
Figura 3.2 Evaporador de aire forzado.....	69
Figura 3.3 Placa del evaporador de aire forzado.....	70
Figura 3.4 Válvula de expansión.....	71
Figura 3.5 Válvula solenoide acoplada con la bobina.....	71
Figura 3.6 Manómetros. ....	72
Figura 3.7 Válvula reguladora de presión. ....	73
Figura 3.8 Conexiones de cobre y bronce.....	73
Figura 3.9 Control programable.....	75
Figura 3.10 Sifón.....	75
Figura 3.11 Tubería.....	76
Figura 3.12 Contactor.....	77
Figura 3.13 Instalación de la unidad condensadora. ....	78
Figura 3.14 Guía de instalación del evaporador.....	79
Figura 3.15 Instalación de la válvula de expansión. ....	80
Figura 3.16 Ubicación del bulbo.....	81
Figura 3.17 Instalación de la válvula solenoide. ....	81
Figura 3.18 Instalación de la válvula reguladora de presión.....	82
Figura 3.19 Instalación de tuberías. ....	83
Figura 3.20 Acoples mecánicos. ....	84
Figura 3.21 Soldadura de tuberías.....	85

Figura 3.22 Prueba de fugas.....	87
Figura 3.23 Proceso de vacío. ....	87
Figura 3.24 Termómetro digital. ....	92
Figura 3.25 Multímetro. ....	93



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Termo-estabilidad de las vacunas .....	8
Tabla 1.2	Características termo-físicas de seguridad e impacto ambiental de los refrigerantes.....	35
Tabla 1.3	Matriz de evaluación para selección de diferentes alternativas de refrigerantes.....	35
Tabla 2.1	Datos de panel a usar .....	43
Tabla 2.2	Datos básicos para iniciar el cálculo .....	45
Tabla 2.3	Valores para renovaciones de aire en función del volumen.....	47
Tabla 2.4	Resumen de datos necesarios para el cálculo.....	48
Tabla 2.5	Tabla de calor emitido por persona.....	51
Tabla 2.6	Calor específico, de productos y materiales.....	53
Tabla 2.7	Tabla de saturación del refrigerante R-404a .....	57
Tabla 3.1	Datos de la placa de la unidad condensadora.....	76
Tabla 3.2	Parámetros de configuración por el código de acceso .....	89
Tabla 4.1	Costos de personal. ....	94
Tabla 4.2	Costos de elementos estructurales.....	95
Tabla 4.3	Costos de equipos. ....	95
Tabla 4.4	Costos de accesorios. ....	96
Tabla 4.5	Gastos varios.....	97
Tabla 4.6	Costo total.....	97

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tabla psicrométrica del aire a 2800 m snm temperatura baja .....	103
Anexo 2 Tabla psicrométrica del aire a 2800 m snm temperatura normal .....	104
Anexo 3 Tabla psicrométrica del aire a 2800 m snm temperatura alta .....	105
Anexo 4 Tablas de saturación del refrigerante R-404a .....	106
Anexo 5 Ficha técnica del refrigerante R-404a .....	110
Anexo 6 Diagrama p-h del refrigerante R-404a .....	112
Anexo 7 Datos técnicos de unidades condensadoras .....	113
Anexo 8 Datos técnicos de compresores .....	114
Anexo 9 Datos técnicos del evaporador .....	115
Anexo 10 Hoja técnica de controlador TC-940Ri plus .....	118
Anexo 11 Diámetros recomendados para tuberías para refrigerante R-404a .....	124
Anexo 12 Planos .....	125

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Inmunizar.-** Hacer inmune a una persona, un animal o una planta contra una enfermedad o un daño.

**Antidiftérica.-** [sustancia, medicamento] Que sirve para combatir la difteria.

**Antitetánica.-** Que combate el tétanos. "efecto antitetánico; propiedades antitetánicas"

**Biocinética.-** Una disciplina emergente, capaz de transformar los recursos biológicos en soluciones viables, de alta tecnología, a favor de las necesidades tecnológicas, económicas, sociales y ambientales de la sociedad.

**Inmunogenicidad.-** Cualquier sustancia que pueda inducir una respuesta inmunitaria. La respuesta puede implicar la parte humoral o celular del sistema inmunitario, pero por lo común implica ambas.

**Víricas.-** De los virus o que tiene relación con estos microorganismos.

**Liofilizada.-** (Liofilizado) La liofilización es un proceso en el que se congela el producto y posteriormente se introduce en una cámara de vacío para realizar la separación del agua por sublimación.

**Diftérica.-** De la difteria o relacionado con esta enfermedad.

**Flóculos.-** El floculo es un lóbulo pequeño del cerebelo en la margen posterior del pedúnculo medio del cerebelo al anterior del lóbulo biventer. Está asociado al nódulo del vermis. Ambas estructuras componen la parte vestibular del cerebelo.

**Inactivada.-** es una clase de vacuna que se producen haciendo crecer a las bacterias o a los virus en los medios de cultivo adecuados, y posteriormente se inactivan con calor y/o sustancias químicas (por lo general formalina).

**Descarche.-** Formación de hielo en evaporadores de aire.

**Asepsia.-** Método o procedimiento para evitar que los gérmenes infecten una cosa o un lugar.

## **RESUMEN**

Se ha diseñado y construido un sistema de refrigeración por compresión para conservación de vacunas, con el objetivo de evitar que pierdan características físico-químicas al no tener lugares adecuados para su almacenamiento, además es importante mencionar que en el área medicinal específicamente en bodegas donde se almacena las vacunas no disponen de lugares con la capacidad suficiente para mantener gran cantidad de acuerdo a la demanda por el aumento de la población en nuestro país.

El proyecto consta de cuatro capítulos. El primero hace referencia al marco teórico en el cual se describen aspectos tales como: la importancia de la conservación de vacunas, tipos de vacunas, manipulación y tratamiento de las vacunas, principios de refrigeración. El segundo capítulo describe el cálculo y diseño de la cámara, análisis y selección de alternativas. El tercer capítulo menciona la construcción de la cámara en el que se consideran todos los datos del sistema para poder seleccionar los materiales. El cuarto capítulo indica mediante valores los detalles de costos generados en el diseño de sistema, entre los que se puede mencionar costos de: paneles modulares, accesorios, elementos filtrantes, válvulas, compresor, materiales e insumos, mano de obra, diseño e ingeniería del sistema y finalmente costo total del proyecto.

## **ABSTRACT**

A compression refrigeration system has been designed and built for vaccine preservation, in order to avoid missing physic-chemical properties due do not have suitable places for storage , it is also important to mention that in the medical field, it has not places with enough capacity to hold large amounts of on demand by increasing the population in our country.

The project consists four chapters; the first one concerns the theoretical framework in which aspects such as are described: the importance of conservation of vaccines, vaccine types, handling and processing of vaccines, principle cooling. The second chapter describes; calculation and camera design, analysis and selection of alternatives. The third chapter describes; the construction of the camera, which considers all system data to select materials. Chapter four values indicated by the details of costs generated in the system design, among which we can mention: the costs: in modular panels, accessories, filter elements, valves, compressor, materials and supplies, labor, design and system engineering and finally the total project cost

## INTRODUCCIÓN

La humanidad siempre ha mantenido una lucha continua de extender la vida de almacenamiento de los alimentos para su consumo posterior, es por esta razón que se vió obligado a desarrollar un sistema que le permita disminuir la temperatura de los productos a conservar.

El diseño de sistemas de refrigeración se encuentra inmerso en muchas aplicaciones tanto del sector doméstico, comercial, industrial, medicinal, etc. Por lo que es fundamental el desempeño profesional del futuro ingeniero mecánico, aplicando todos los conocimientos teóricos y prácticos de termodinámica, transferencia de calor y de refrigeración adquiridos durante su formación.

En nuestro país por el aumento de la población y por ende de hospitales, laboratorios, clínicas y farmacias, hay mayor demanda de vacunas para uso humano, por lo cual es necesario disponer de lugares de conservación con la capacidad suficiente para mantener grandes cantidades. Por esta razón se realiza el diseño y construcción de cámaras de conservación para vacunas que estén disponibles en todas las ciudades del país. Con esto las personas no emigrarían a las grandes ciudades, mejorando así su calidad de vida.

Dentro del área medicinal, las vacunas son productos inmunobiológicos compuestos por microorganismos (ya sean bacterias o virus) que pueden encontrarse en diversos estados. Como consecuencia de esta composición biológica, estos productos requieren unas condiciones específicas de conservación, bajo esta premisa este proyecto tiene como finalidad diseñar y construir una cámara frigorífica de 9.6 m<sup>3</sup> para la conservación de vacunas.

Se realizará un estudio de las vacunas, de los tipos que generalmente existen y las temperaturas adecuadas de conservación. Ya que temperaturas altas pueden producir la inactivación de la vacuna y temperaturas bajas pueden llegar a congelarla, produciéndose de esta manera una pérdida parcial o total de actividad de la misma, de esta forma se podrá establecer el rango de temperatura óptimo para que no se vea

alterado en ningún momento de la vida de la vacuna desde su fabricación hasta su administración al paciente.

En el presente proyecto podrá encontrar cálculos de transferencia de calor de paredes, piso y techo de la cámara de conservación, cálculos de carga tanto de personas, iluminación, motores y cambios de aire.

También se detalla la selección materiales, equipos y accesorios tales como la unidad condensadora, el evaporador, válvulas, refrigerante y controlador necesario para su correcto funcionamiento que se dispongan en el mercado y construcción de la misma.

Los planos generales con algunos de los detalles mecánicos, que en lo posterior acompañaron el proceso de construcción de la cámara frigorífica.

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Vacunas**

#### **1.1.1 Definición**

Se entiende por vacuna cualquier preparación destinada a generar inmunidad contra una enfermedad estimulando la producción de anticuerpos. Puede tratarse, por ejemplo, de una suspensión de microorganismos muertos o atenuados, o de productos o derivados de microorganismos. El método más habitual para administrar las vacunas es la inyección, aunque algunas se administran con un vaporizador nasal u oral. (OMS, 2014)

#### **1.1.2 Tipos de vacunas**

Actualmente la organización mundial de la salud - (OMS, 2014), de acuerdo a su elaboración, cataloga 4 tipos diferentes de vacunas, las cuales son:

#### **1.1.3 Vacuna de virus vivo o atenuadas**

La cual usa una forma del virus debilitado. Ejemplo de este tipo son las vacunas contra el sarampión, paperas, rubéola, varicela y viruela. (OMS, 2014)

#### **1.1.4 Vacuna elaborada con microbios muertos o vacuna inactivada**

La cual se elabora a partir de una proteína o de pequeños fragmentos tomados de un virus o bacteria. Ejemplo de este tipo es la vacuna antigripal. (OMS, 2014)

#### **1.1.5 Vacuna toxoide**

La que contiene una toxina o químico elaborado por la bacteria o virus a inmunizar, provocando que el sujeto sea inmune a los efectos dañinos de la infección en lugar de la infección en sí. Ejemplo de este tipo son las vacunas antidiftérica y antitetánica. (OMS, 2014)



### **1.1.6 Vacuna biosintética**

La cual contiene sustancias creadas artificialmente, muy similares a pedazos de virus o bacterias. Un ejemplo de este tipo es la vacuna conjugada Hib (*Haemophilus influenzae* tipo B). (OMS, 2014).

### **1.1.7 Manipulación y transporte de vacunas**

Para mantener una correcta eficacia de la vacunación, sean para uno o varios individuos, se requiere que la vacuna seleccionada presente una correcta calidad y además, que dicha vacuna se conserve y se transporte en condiciones adecuadas, para que sea administrada durante su periodo de validez. (Ministerio de salud del Ecuador, 2010)

Como razón general, todo tipo de vacunas debe conservarse en un frigorífico o cuarto frío a una temperatura de +2 °C a +8 °C, con una temperatura media de +5°C, pudiendo ser transportadas a una temperatura ambiente no mayor a 22°C , pero durante periodos de tiempo cortos. (OMS, 2014)

### **1.1.8 Conservación de vacunas**

Para que una vacuna no pierda su correcta y adecuada inmunogenicidad se requiere una correcta conservación, ya que en caso contrario, se puede llegar a inactivar las vacunas en su totalidad, generando un grave problema a la población objetivo de dichas vacunas. Es por esto que una adecuada conservación de todo tipo de vacunas es de vital importancia. (OMS, 2001). Una correcta conservación de vacunas, se convierte en la base de toda buena práctica o campaña de vacunación.

### **1.1.9 Apertura de los envases**

Los envases multidosos deben ser agotados durante la sesión de vacunación. Conviene ajustar los horarios de campañas o citas para vacunación de modo que todo el envase pueda ser agotado en la misma jornada. En todo caso su manejo tendrá que realizarse con la máxima asepsia para evitar su contaminación y por un tiempo no superior a 24 horas. Las dosis no aplicadas de estos viales abiertos deben ser eliminadas.

Las vacunas liofilizadas reconstituidas no aplicadas durante las 8 horas siguientes a su preparación, deberán ser desechadas. Una vez abierto el envase multidosis, no debe ser expuesto a la luz ni a la temperatura ambiente mientras se administran las sucesivas dosis. Se debe retornar el envase al frigorífico si la aplicación de la siguiente dosis no es inmediata.

#### **1.1.10 Exposición a la luz**

Las vacunas víricas deben preservarse de la luz. Su conservación y manipulación ha de ser muy cuidadosa debido a su inestabilidad, ya que sufren pérdida del 50% de actividad después de la quinta hora de exposición a la temperatura ambiente.

#### **1.1.11 Temperatura**

La temperatura ideal de almacenamiento es de 2°C a 8°C. La temperatura interna del frigorífico no debe exceder nunca los 10°C.

Un estudio de la OMS sobre la estabilidad de las vacunas expuestas al calor, encontró que las anatoxinas tetánica y diftérica eran las más estables, seguidas por la vacuna de la tos ferina asociada a difteria y tétanos, después la polio inactivada, la BCG liofilizada, la del sarampión y la polio oral.

Las vacunas diftérica y tetánica pueden resistir temperaturas tan elevadas como los 37°C durante varios meses, mientras que la vacuna del sarampión liofilizada reconstituida no es estable más que durante algunas horas.

En determinadas circunstancias ciertas vacunas pueden ser congeladas durante su almacenamiento a gran escala, como las vacunas liofilizadas virales vivas atenuadas, polio oral, fiebre amarilla, rubéola liofilizada, parotiditis y sarampión liofilizados. De todas formas, en ocasiones su acondicionamiento unitario con el solvente contraindica su congelación ya que la ampolla del solvente corre el riesgo de estallar si se congela. Por el contrario, otras vacunas no deben congelarse nunca (cólera, polio, rabia, tétanos, gripe), sobre todo las vacunas inactivadas y las absorbidas. La congelación de estas vacunas puede anular su actividad y contraindicar formalmente su utilización (DTP o DT). Es útil hacer la prueba de la agitación para ver si hay floculación. Las vacunas absorbidas congeladas presentan partículas granulosas o flóculos al descongelarse, que sedimentan en 30 minutos y forman un depósito con

una capa de líquido claro, indicando que la vacuna ha sido congelada y está inactivada.

#### **1.1.12 Controladores de temperatura**

- Termógrafos: registran la temperatura de forma continua, permiten conocer con exactitud las oscilaciones de temperatura que ha sufrido el frigorífico.
- Termómetros: se recomiendan los de máxima y mínima para conocer en cada intervalo de tiempo las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas.

#### **1.1.13 Indicadores químicos:**

- De frío: son indicadores de temperatura irreversibles (de un solo uso) que muestran si las vacunas han estado expuestas a temperaturas excesivamente bajas.
- De temperatura: alertan sobre la exposición de las vacunas a una temperatura mayor de la deseada. Generalmente son etiquetas adhesivas, que fijadas sobre el producto, revela su exposición a una determinada temperatura, sobrepasada la cual se auto activa y aparece un cambio de color en el indicador.
- Indicadores para acumuladores de frío: se trata de indicadores de temperatura reversibles, destinados a evitar la congelación por contacto con el acumulador, en algunas vacunas como la antitetánica o la DTP. Indica que el acumulador ha alcanzado +4°C y en consecuencia puede usar para el transporte sin riesgo de congelación.

#### **1.1.14 Interrupción de la cadena de frío**

No siempre resulta evidente la interrupción de la cadena del frío por lo que es imprescindible:

- Disponer de dispositivos automáticos electrónicos que por medios gráficos (u otros) acusen los accidentes sufridos por la instalación que puedan trascender en perjuicios de la calidad de las vacunas almacenadas.

- Que el personal responsable: controle la temperatura de la cámara frigorífica, conozca la termo-estabilidad de las vacunas (Tabla 1.1) y la modificación de su aspecto al alterarse la temperatura.

Si hay alteración de la cadena del frío, congelación o descongelación accidental se valorarán:

- Duración de la interrupción: calcular el tiempo que han estado las vacunas sometidas a una temperatura inadecuada, en el caso de no saberlo con exactitud se tomará el tiempo transcurrido desde la última lectura de temperatura.
- Identificar el motivo e intentar solucionarlo. En muchas ocasiones están motivadas por una manipulación incorrecta del termostato, por tanto éste solo debe ser regulado por el responsable de la cadena del frío y monitorizar las temperaturas en cuando se modifique la posición de este elemento del frigorífico de vacunas.

#### **1.1.15 Medidas utilizadas para proteger a las vacunas**

- Si la avería es de escasa duración, se mantendrá cerrada la puerta del frigorífico controlando posteriormente la temperatura y la estabilidad de dicha temperatura. En caso de corte de fluido eléctrico las cámaras frigoríficas están capacitadas para mantener su temperatura interna durante al menos 6 horas, siempre que se mantengan cerradas.
- Si se conoce una avería de larga duración, se trasladarán las vacunas con acumuladores de frío a neveras bien controladas.
- Temperaturas máxima y mínima registradas. Si son mayores a 15°C o inferiores a 0°C, contactar con el servicio pertinente del suministrador para valorar el estado de las vacunas. Para otras subidas de temperatura (entre 10 y 15 ° C) siempre se tendrá en cuenta la pérdida de potencia porque las subidas de temperatura son acumulativas.

### 1.1.16 Aspecto físico de las vacunas

Tipo de vacunas afectadas (consultar la tabla de termo estabilidad). Si hay vacunas congeladas se desecharán todas las vacunas almacenadas a excepción de antipolio oral, antirrubéola y triple vírica, que no se inactivan por congelación.

**Tabla 1.1** Termo-estabilidad de las vacunas

VACUNA	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO				
	0-8°C	22-25°C	35-37°C	>37°C	Observaciones
<b>ANTIPOLIO ORAL</b>  (Tipo Sabin)	Estable durante 6-12 meses	Inestable. 50% de pérdida de actividad después de 20 días. Ciertas vacunas pueden conservar un título aceptable durante 1-2 semanas	Muy inestable. Pérdida de título aceptable al cabo de 1-3 días	Muy inestable. 41°C: 50% de actividad después de 1 día. 50°C: pérdida de títulos aceptables al cabo 1-3 horas	De todas las vacunas incluidas en el calendario es la más sensible al aumento de temperatura
<b>TOS FERINA</b>	Almacenamiento satisfactorio durante 18-24 meses aunque con disminución lenta y continua de su potencia	Estabilidad variable. Algunas vacunas permanecen estables durante 2 semanas	Estabilidad variable: algunas vacunas pierden el 50% de potencia después de 7 días de almacenamiento	A 45°C pérdida del 10% de potencia por día. Pérdida rápida de actividad a 50°C	El componente pertussis es el factor limitante para esta vacuna. No debe ser congelada
<b>TRIPLE VÍRICA</b> sarampión, rubéola, parotiditis	Estable durante 2 años	Mantiene una actividad satisfactoria durante 1 mes	Mantiene una potencia satisfactoria durante 1 semana	50% de pérdida de actividad después de 2-3 días de exposición a 41°C	El componente sarampión es el factor limitante de esta vacuna. Una vez reconstituida debe administrarse inmediatamente. Debe protegerse de la luz
<b>TOXOIDE TETÁNICO Y DIFTERICO</b>	Estable durante 3-7 años	Estable durante meses	Estable por lo menos durante 6 semanas	A 45°C: estable durante 2 semanas. A 53°C: pérdida de actividad después de pocos días	No debe ser congelada
<b>HEPATITIS B</b>	Estable durante 2-4 años	Estable durante meses	Estable durante semanas	A 45°C estable durante días	No debe ser congelada
<b>ANTIPOLIO INACTIVADA</b> (Tipo Salk)	Estable durante 1-4 años	Descenso de la capacidad del antígeno D para el tipo 1 al cabo de 20 días	Pérdida total del antígeno D para el tipo 1 en algunas vacunas		
<b>ANTIRRÁBICA</b>  De células diploides	Estable durante 3-5 años	11 semanas	Estable durante 4 semanas		
<b>BCG</b>	Estable durante 1 año	Estabilidad variable. A los 3 meses de exposición pierde un 20-30% de su potencia.	Estabilidad variable. A los 3-14 días de exposición pierde un 20% de su potencia.	Inestable. A los 70°C : pérdida del 50% de actividad después de 30 minutos de	Una vez reconstituida la vacuna debe ser utilizada en una sesión de vacunación (máximo 5-6 horas).

**Fuente:** Fundación para el estudio de la infección, 2002

En la tabla 1.1 se puede apreciar la estabilidad de las vacunas de acuerdo a su temperatura y su tiempo de conservación. Para lograr una correcta conservación de las vacunas es indispensable el uso de una cadena del frío, la cual se define como el conjunto logístico de eslabones estructurales que garantizan durante todo el proceso, un correcto manejo a una temperatura adecuada en el producto refrigerado (FDA - HACCP, 2006), que para el caso de las vacunas debe garantizar desde su fabricación hasta su administración se mantengan dentro del rango de temperatura establecido de +2°C a +8°C.

### **1.1.17 Normas HACCP**

Aquí se describe en forma general el principio en el cual se basa la norma conocida como HACCP (Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), aplicable a todo proceso que tiene que ver con la conservación de alimentos y de acuerdo a la composición se hace extensible para las vacunas.

El HACCP es un sistema que ha sido probado satisfactoriamente, que proporciona confianza para gestionar adecuadamente la inocuidad de los alimentos. Es un método eficaz y reconocido que otorga seguridad a los clientes en lo que hace a la inocuidad. Por otra parte, cumple con los requisitos reglamentarios de la mayoría de los países.

Así, el HACCP contribuye a producir alimentos inocuos, a tomar decisiones relacionadas con la seguridad del alimento, y en caso de litigio, permite demostrar que se gestiona eficazmente la inocuidad de los alimentos. (FDA - HACCP, 2006)

Brinda una serie de beneficios adicionales tales como prestigio de la marca, disminución de costos por re-manejos y devoluciones, y genera además, efectos favorables para la calidad en lo concerniente a la higiene, plazo de validez e integridad económica del producto.

Es flexible, ya que los principios de HACCP pueden adaptarse a la magnitud de la empresa, desde la elaboración de alimentos sofisticados hasta los métodos tradicionales de preparación.

Se muestra particularmente sensible para detectar problemas que se relacionan con la inocuidad de los alimentos, en cualquier etapa de su producción, que normalmente

pasan inadvertidos, brinda los medios para dar solución a los mismos y evitan su repetición.

Sus principios son globales, es decir analiza los peligros o factores de desvío de los procesos, y desarrolla mecanismos de prevención y control, se ensambla con otros programas vinculados a la inocuidad (BPF y POES) o a la calidad (ISO 9000).

No obstante muchas interpretaciones erróneas y aplicaciones desafortunadas del HACCP pueden hacerlo falible, resultando imperiosa la aplicación científica y rigurosa de sus principios. Es imprescindible que la industria, al tomar la decisión de su implementación, asuma el compromiso de hacerlo adecuadamente.

#### **1.1.18 Prerrequisitos**

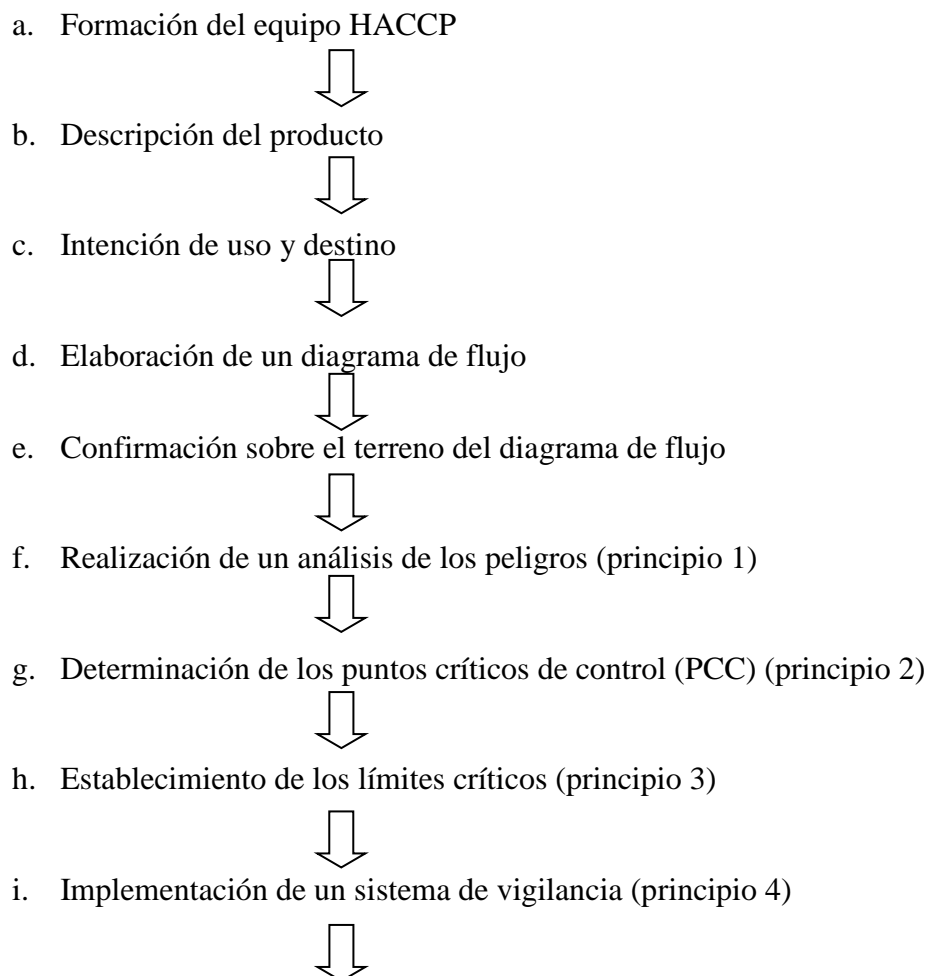
Los establecimientos dedicados a la elaboración de alimentos de origen animal, que estén interesados de implementar, para una o todas las líneas de producción, el Sistema HACCP, deben indefectiblemente dar cumplimiento a una serie de condiciones previas que son conocidas como “prerrequisitos”. Estos están contenidos en diversos lugares del reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal. (FDA, NORMAS HACCP, 2006)

A modo de enunciado, se enumeran a continuación los diversos tópicos que están comprendidos dentro de los prerrequisitos. Cada uno de éstos debe encontrarse efectivamente desarrollado en cada establecimiento.

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM, en inglés GMP) que incluye:

- El emplazamiento de la planta.
- El diseño higiénico de las instalaciones.
- El diseño del flujo operacional (layout)
- El mantenimiento de las instalaciones.
- El diseño y mantenimiento higiénico de los equipos.
- La provisión de agua potable.
- La higiene de la materia prima.
- La higiene de las operaciones.
- La higiene durante el transporte.

- La disposición adecuada de los desechos.
  - El control de plagas.
  - El manejo de sustancias tóxicas y productos químicos.
  - La higiene del personal.
  - La capacitación del personal de todos los niveles.
  - La rotulación e información al consumidor.
  - Procedimientos operativos estandarizados de saneamiento.
  - Para documentar los POES, es necesario que estén contenidos en un manual u otro documento escrito que contenga:
  - La política de los objetivos de estos programas.
  - El desarrollo de un documento escrito de cada uno de los procedimientos que se aplican en el establecimiento.
  - Instructivos que corresponderán al desarrollo de cada operación en particular.
- (FDA - HACCP, 2006)
- Secuencia lógica para la implantación del HACCP:





j. Establecimiento de medidas correctivas (principio 5)



k. Establecimiento de procedimientos de verificación (principio 6)



f. Establecimiento de un sistema de registro y documentación (principio 7)

Para que una cadena del frío se mantenga estable y sin interrupciones, además de los recursos humanos necesarios, se requiere de materiales específicos, como son el uso de cámaras frigoríficas y furgones de transporte refrigerados.

#### **1.1.19 Cámaras frigoríficas para almacenamiento de vacunas**

Los centros médicos (hospitales, clínicas, o bodegas) donde se almacenen y administren vacunas siempre deben disponer de cámaras frigoríficas correctamente adecuados de acuerdo al volumen medio de vacunas que consuman o suministren en un período de tiempo.

El volumen de las cámaras frigoríficas se debe calcular de acuerdo a la rotación de stock de las vacunas y debe tener en cuenta picos altos y bajos de consumo. Las cámaras frigoríficas deben ser de manera preferente diseñadas y construidas para conservar vacunas, evitando el uso de frigoríficos comerciales o de uso doméstico. (FDA, 1999)

Las cámaras frigoríficas y refrigeradores de uso específico para conservar vacunas u otros productos biológicos tienen como característica principal la capacidad de mantener una temperatura homogénea en todos los estantes y lugares del cuarto frío o del refrigerador, y en algunos casos incluyen dispositivos de registro continuo de la temperatura, los cuales alertan cualquier desviación del rango programado.

### **1.2 Conceptos principales de refrigeración**

#### **1.2.1 Refrigeración**

En general se define la refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor. Más específicamente, se define a la refrigeración como la rama de la ciencia que trata

de los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura inferior con respecto de los alrededores correspondientes.

Para lograr lo anterior, debe sustraerse calor del cuerpo que va a ser refrigerado y ser transferido a otro cuerpo cuya temperatura es inferior a la del cuerpo refrigerado. Debido a que el calor eliminado del cuerpo refrigerado es transferido a otro cuerpo, es evidente que refrigeración y calefacción son en realidad los extremos opuestos del mismo proceso. A menudo, solo el resultado deseado distingue a uno del otro (Dossat, 2001, p. 109)

### **1.2.2 Congelación**

Aunque el hombre prehistórico almacenaba la carne en cuevas de hielo, la industria de congelados tiene un origen más reciente que la de envasado. El proceso de congelación fue utilizado comercialmente por primera vez en 1842, pero la conservación de alimentos a gran escala por congelación comenzó a finales del siglo XIX con la aparición de la refrigeración mecánica. (Hemocrates, 2010, p. 3)

La congelación conserva los alimentos impidiendo la multiplicación de los microorganismos. Dado que el proceso no destruye a todos los tipos de bacterias, aquellas que sobreviven se reaniman en la comida al descongelarse y a menudo se multiplican mucho más rápido que antes de la congelación. (Hemocrates, 2010, p. 3)

Desde la introducción de los alimentos congelados en los años treinta, cada vez se encuentra en los supermercados una mayor variedad de estos productos, desde verduras y hierbas congeladas hasta comidas precocinadas o fabulosos helados.

La utilización del frío para conservar los alimentos data de la prehistoria, desde entonces se usaba nieve y hielo para conservar las presas cazadas. Se dice que Sir Francis Bacon contrajo una neumonía, que acabaría con su vida, tras intentar congelar pollos rellenándolos de nieve. Sin embargo, hubo que esperar hasta la década de 1930 para asistir a la comercialización de los primeros alimentos congelados, que fue posible gracias al descubrimiento de un método de congelación rápida. (Hemocrates, 2010, p. 3)

La congelación retrasa el deterioro de los alimentos prolongando su seguridad, evitando que los microorganismos se desarrollen, retardando la actividad enzimática

que hace que los alimentos se echen a perder. Cuando el agua de los alimentos se congela, se convierte en cristales de hielo y deja de estar a disposición de los microorganismos que la necesitan para su desarrollo. No obstante, la mayoría de los microorganismos (a excepción de los parásitos) siguen viviendo durante la congelación; así pues, es preciso manipular los alimentos con cuidado tanto antes como después de ésta. (Eufic, 2002, p. 1)

La congelación tiene un efecto mínimo en el contenido nutricional de los alimentos. Algunas frutas y verduras se escaldan (introduciéndolas en agua hirviendo durante un corto periodo de tiempo) antes de congelarlas para desactivar las enzimas y levaduras que podrían seguir causando daños, incluso en el congelador. Este método puede provocar la pérdida de parte de la vitamina C (del 15 al 20%). A pesar de esta pérdida, las verduras y frutas se congelan en condiciones inmejorables poco después de ser cosechadas, generalmente presentan mejores cualidades nutritivas que sus equivalentes "frescas". En ocasiones los productos cosechados tardan días en ser seleccionados, transportados y distribuidos a los comercios. Durante este tiempo, los alimentos pueden perder progresivamente vitaminas y minerales. (Eufic, 2002, p. 1)

### **1.2.3 Calor**

Es una forma de energía que se transmite entre dos sistemas debido a una diferencia de temperatura.

### **1.2.4 Transferencia de calor**

Pasará calor de un cuerpo a otro cuerpo solo cuando exista una diferencia de temperatura entre los dos cuerpos.

Cuando un cuerpo está en equilibrio térmico con (es decir a la misma temperatura) sus alrededores, no habrá transferencia de calor entre el cuerpo y sus alrededores.

La transferencia de calor siempre ocurre de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja (de un cuerpo caliente a un cuerpo frío) y nunca en la dirección opuesta.

### 1.2.5 Conducción

Ocurre cuando la energía es transmitida por contacto directo entre las moléculas de un cuerpo simple o entre las moléculas de dos o más cuerpos con buen contacto térmico entre ambos.

### 1.2.6 Convección

Ocurre cuando el calor se desplaza de un lugar a otro por medio de corrientes establecidas mediante un medio que fluye.

### 1.2.7 Radiación

Ocurre en forma de movimiento ondulatorio similar a ondas ligeras, en donde la energía se transmite de un cuerpo a otro sin necesidad de la intervención de la materia.

### 1.2.8 Conductividad térmica

Es una medida de la capacidad térmica de un material para conducir calor.

### 1.2.9 Capacidad de enfriamiento

Es la cantidad de calor extraído del espacio por refrigerar. Se designa en Btu/h, toneladas de refrigeración o frigorías.

La capacidad de enfriamiento de un sistema de refrigeración es la relación de calor extraído del espacio refrigerado, con frecuencia se expresa en **toneladas de refrigeración**. La capacidad de un sistema de refrigeración que puede congelar 1 tonelada (2000 lbm) de agua líquida a 0 °C (32 °F) en hielo a 0 °C en 24 h será 1 tonelada.

### 1.2.10 Efecto refrigerante

Es la cantidad de calor que puede absorber para vaporizarse, la fracción líquida de cada libra de refrigerante que entra al evaporador. Es la diferencia entre la entalpía en los puntos de saturación (hfg) a la presión de evaporación menos la entalpía del líquido que sale de la válvula de control.

### **1.2.11 Enfriamiento sensible**

Cuando el calor absorbido por el refrigerante hace que su temperatura aumente.

### **1.2.12 Enfriamiento latente**

Cuando el calor hace que el agente cambie de estado. Si queremos que el efecto refrigerante sea continuo debemos mantener la temperatura del agente refrigerante por debajo del espacio o material que estamos enfriando.

### **1.2.13 Entropía**

Es la magnitud física que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para producir un trabajo. En un sentido más amplio se interpreta como la medida del desorden de un sistema. Es una función de estado de carácter extensivo y su valor en un sistema aislado crece en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural. La palabra entropía procede del griego (ἐντροπία), y significa evolución o transformación.

### **1.2.14 Entalpía**

Es la cantidad de energía de un sistema termodinámico que éste puede intercambiar con su entorno. Por ejemplo, en una reacción química a presión constante, el cambio de entalpía del sistema es el calor absorbido o desprendido en la reacción. En un cambio de fase, por ejemplo de líquido a gas, el cambio de entalpía del sistema es el calor latente, en este caso el de vaporización. En un simple cambio de temperatura, el cambio de entalpía por cada grado de variación corresponde a la capacidad calorífica del sistema a presión constante. El término de entalpía fue acuñado por el físico alemán Rudolf J.E. Clausius en 1850. Matemáticamente, la entalpía  $H$  es igual a  $U + pV$ , donde  $U$  es la energía interna,  $p$  es la presión y  $V$  es el volumen,  $H$  se mide en julios.

### **1.2.15 Compresión**

Es la acción mecánica por la que se reducen volumen de los cuerpos o se disminuye la distancia entre las partículas que los componen.

### **1.2.16 Evaporación**

Es convertir un líquido en vapor.

### **1.2.17 Calor de compresión**

Es el trabajo realizado por el compresor para aumentar la presión del gas desde la presión del evaporador hasta la presión del condensador.

### **1.2.18 Succión**

Es extraer un líquido o gas de un lugar mediante dispositivos mecánicos o manuales.

### **1.2.19 Condensación**

Es el paso de un vapor a los estados líquido o sólido.

### **1.2.20 Deshidratación**

Es cuando se quita a un cuerpo o algún organismo el agua que contiene.

### **1.2.21 Btu/h**

(British thermal unit) Unidad en la que se mide la carga térmica respecto al tiempo.

### **1.2.22 Aislamiento**

Material que se usa para evitar una pérdida o ganancia de calor de una superficie sometida a una diferencia de temperatura.

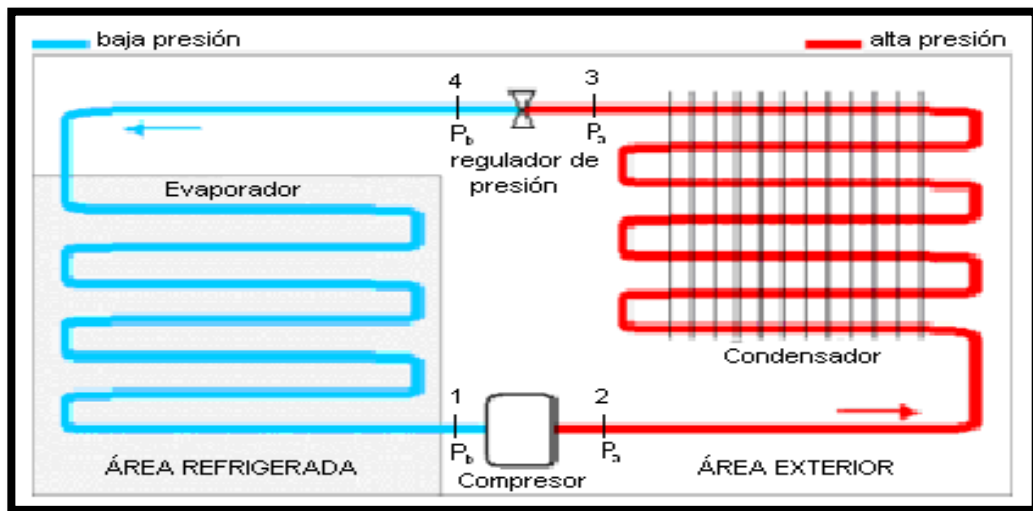
### **1.2.23 Poliuretano**

Espuma rígida que sirve para aislar térmicamente y acústicamente a una superficie cerrada.

### **1.2.24 Ciclos de refrigeración**

Los sistemas de refrigeración están formados por dos partes que constituyen los lados de alta y de baja presión.

**Figura 1.1** Ciclos de refrigeración



**Fuente:** Muñoz, 2006, p. 87

En el gráfico 1.1 se puede apreciar un esquema de cómo funciona un ciclo de refrigeración simple y se describe a continuación:

1. (Proceso 1-2) .El compresor absorbe el refrigerante como un gas a baja presión y baja temperatura, y lo mueve comprimiéndolo hacia el área de alta presión, donde el refrigerante es un gas a alta presión y alta temperatura.
2. (Proceso 2-3). Al pasar por el condensador, el calor del refrigerante se disipa al ambiente. El refrigerante se subenfria y sigue a alta presión.
3. (Proceso 3-4). De ahí, pasa a través del dispositivo regulador de presión que separa las áreas de alta presión y baja presión mediante una reducción de la sección de paso. Al bajar la presión la temperatura de saturación del refrigerante baja, permitiendo que absorba calor.
4. Proceso (4-1). Ya en el lado de baja presión, el refrigerante llega al evaporador donde absorbe el calor del ambiente y se evapora. De ahí pasa otra vez al compresor cerrando el ciclo.

### 1.2.25 Coeficiente de rendimiento aceptable y porcentaje de eficiencia

En cada uno de los 4 procesos descritos anteriormente, se tiene un estado inicial y un estado final; la propiedad que describe su nivel de energía es la ENTALPIA ( $h$ ), porque son procesos con flujo de masa.

Los valores de calor y trabajo involucrados se miden simplemente por el cambio de esta propiedad entalpía. Así:

Proceso de compresión (1-2)

$$W = -(h_2 - h_1) \quad \text{Ec. 1.1}$$

Considerado valor negativo, este es el trabajo del compresor.

Proceso de condensación (2-3)

$$Q = (h_3 - h_2) \quad \text{Ec. 1.2}$$

Proceso de expansión (3-4)

$$W = -(h_4 - h_3) = 0 \quad \text{Ec. 1.3}$$

Proceso de evaporación (4-1)

$$Q = (h_1 - h_4) \quad \text{Ec.1.4}$$

Valor positivo llamado efecto de refrigeración.

Los valores de entalpía de cada punto, se permite leer en las respectivas tablas de propiedades termodinámicas, para el fluido utilizado; (amoníaco, freón 12, freón 22, freón 134a, freón 404a, etc.)

Estos valores permiten calcular, en forma muy cercana a la realidad, la potencia requerida del compresor, y la cantidad de calor que se puede manejar, a fin de satisfacer la carga térmica impuesta

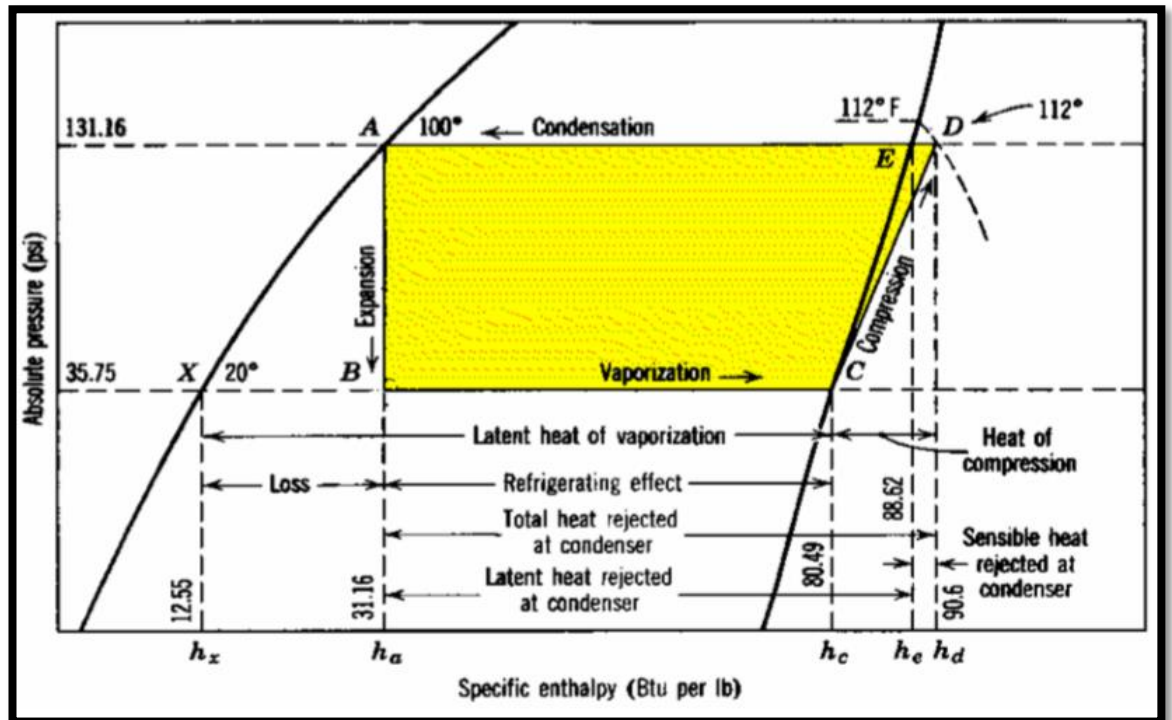


### 1.3 Ciclos térmicos

#### 1.3.1 Ciclo saturado simple

Todo ciclo de un sistema de refrigeración por compresión mecánica se representa por un diagrama presión- entalpía, este sistema utiliza cualquier tipo de refrigerante.

**Figura 1.2** Diagrama p-h de un ciclo saturado simple teórico



Fuente: Dossat, 2001, p. 133

#### a. Expansión

Este proceso se describe por los puntos, A estado inicial, B estado final, en esta parte del proceso se regula por medio de la válvula de control del refrigerante, la cual se encuentra antes de la entrada al evaporador. En esta etapa la presión del líquido refrigerante es reducida desde la presión condensante hasta la presión evaporante a medida que el líquido pase a través de la válvula de control. Cuando el líquido es expandido en el evaporador a través del orificio de la válvula de control, se disminuye la temperatura del líquido desde la temperatura condensante hasta la temperatura evaporante y de inmediato una parte del líquido pasa a ser vapor. (Dossat, 2001, p. 134)

## **b. Vaporización**

La vaporización total del refrigerante esta expresada por el proceso B-C idealmente la temperatura y la presión se mantienen constantes, el punto C termina en la línea de vapor saturado. El calor que se necesita para la evaporación es del fluido de trabajo el cual se toma desde el espacio a refrigerarse, este calor que absorbe el refrigerante puede provenir del ambiente o puede ser el que está en contacto con el evaporador. A medida que el refrigerante fluye a través del evaporador, provoca un incremento de la entalpía del fluido de trabajo. (Dosatt, 2001, p. 134)

**Variando la temperatura de vaporización.** La temperatura de vaporización se controla fácilmente variando la presión dentro del recipiente gracias a una válvula colocada en el desfogue, pues sabemos que a cada presión del vapor corresponde una y solo una temperatura de vaporización.

**Reducción de temperatura de vaporización.** Gracias al compresor que produce vacío se puede reducir la presión por debajo de la atmosférica, de esta manera podemos obtener temperaturas más bajas a la correspondiente de saturación a 1 atm.

El compresor, para mantener la presión en el recipiente debe tener la capacidad de evacuar todo el vapor a la misma rata de flujo a la que se está formando en el evaporador, si su capacidad fuera mayor, la presión en el recipiente disminuiría consecuentemente la temperatura de evaporación bajaría hasta un punto tal que debido a esta mayor diferencia de temperatura con el ambiente se evapore más líquido de modo que iguale la capacidad de succión de la bomba. Por otro lado si la capacidad del compresor fuese deficiente, esta no alcanzaría a evacuar todo el gas que se forma, el evaporador aumentaría su presión interna y su temperatura de vaporización.

**Control de nivel de refrigerante en el evaporador.** El líquido refrigerante no se vaporiza en el tanque de almacenamiento o en la línea de debido a que la presión de este es alta pues corresponde a una temperatura de saturación igual a la del ambiente exterior. Cualquier aparato o mecanismo como la válvula de flotador que sea usada para regular el flujo de líquido refrigerante se denomina control de flujo de refrigerante, y su función es dosificar el flujo y por fricción bajar la presión hasta la que mantiene la bomba de vacío. En este evaporador de serpentín una válvula de

expansión termostática controla la cantidad de refrigerante que entra al evaporador; esto permite regular el flujo de refrigerante conforme a la carga frigorífica.

### **c. Compresión**

La compresión está dada por el proceso C-D, se efectúa en el compresor a medida que se incrementa la presión del vapor debido a la compresión desde la presión vaporizante hasta la presión condensante. En el punto D, el refrigerante es un vapor sobrecalentado como se indica en el diagrama p-h. Durante el proceso de compresión isentrópica, este es un proceso adiabático que ocurre sin fricción, en el que se efectúa un trabajo sobre el refrigerante y se incrementa la energía (entalpía) en una cantidad igual al trabajo mecánico efectuado sobre el vapor.

La energía equivalente al trabajo efectuado durante este proceso es igual a la diferencia de valores de entalpía del refrigerante entre los puntos D y C. El vapor descargado por el compresor está en la condición de sobrecalentado. Antes que el vapor sea condensado debe eliminarse el sobrecalentamiento del vapor bajando la temperatura del vapor descargado hasta la temperatura de saturación correspondiente a su presión. (Dosatt, 2001, p. 135)

### **d. Condensación**

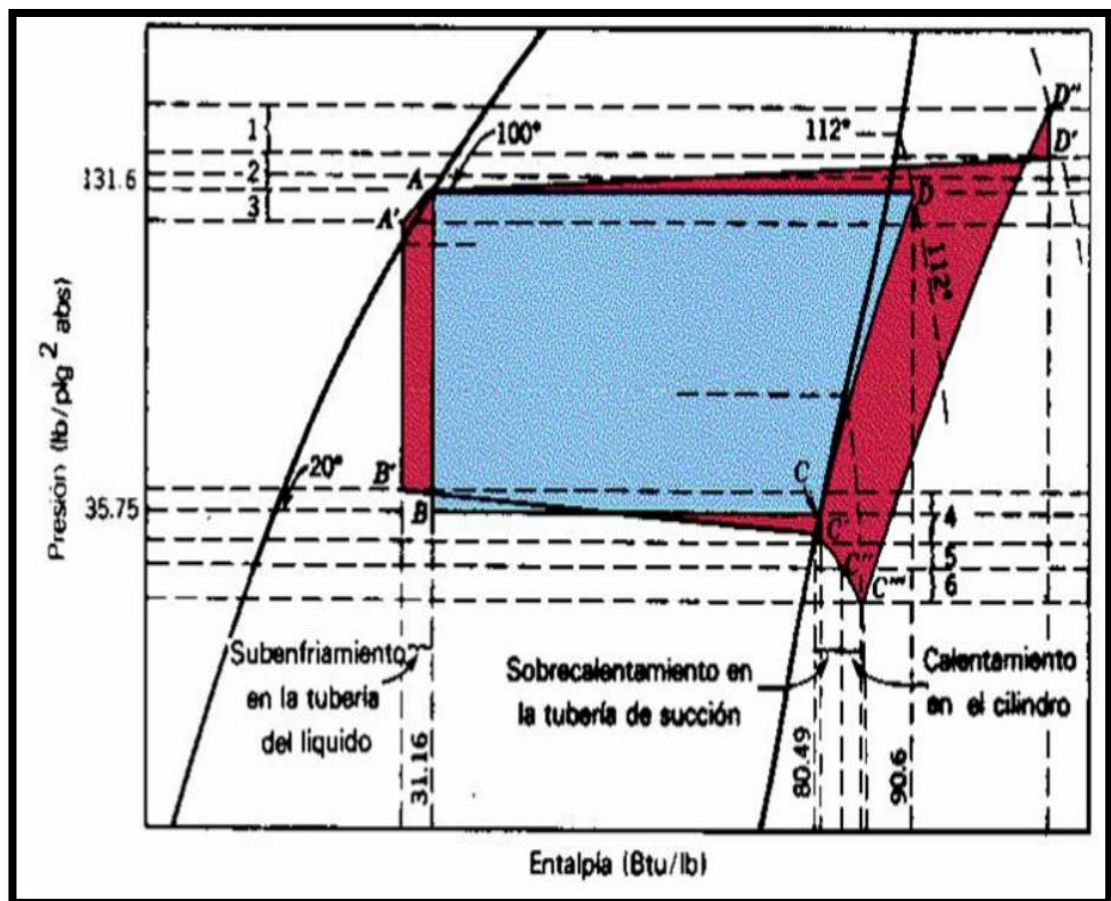
Este proceso está formado por dos partes D-E y proceso E-A. El proceso D-E toma lugar en la parte superior del condensador y en una parte de la longitud de la tubería del gas caliente. Esto representa el enfriamiento del vapor desde la temperatura de la descarga hasta la temperatura condensante a medida que el vapor deja su calor al medio condensante. En el punto E el refrigerante es un vapor saturado a la temperatura y presión condensante, la cantidad de calor sensible es la diferencia de entalpías del refrigerante entre los puntos D-E. El proceso E-A es la condensación del vapor en el condensador. Este proceso se verifica a lo largo de las líneas de presión y temperatura constante desde el punto E hasta el punto A. El calor cedido al medio condensante es la diferencia de entalpías del refrigerante entre los puntos E y A. Por lo tanto el calor total cedido por el refrigerante en el condensador es la diferencia entre las entalpías del vapor sobrecalentado en el punto D y el líquido saturado en el punto A. (Dosatt, 2001, p. 136)

**Recuperando el refrigerante.** A través del condensador el refrigerante que trae el calor absorbido desde el espacio refrigerado más el calor de compresión es expulsado hacia el ambiente exterior condensándose el vapor. El líquido así formado se colecta en el tanque receptor para iniciar otro ciclo

### 1.3.2 Ciclo real

Diagrama p-h del ciclo real de refrigeración mostrando los efectos de subenfriamiento, sobrecalentamiento y pérdidas de presión. Para comparación está dibujado el ciclo simple saturado. (R - 12).

**Figura 1.3** Diagrama p-h ciclo real



**Fuente:** Dossat, 2001, p. 160.

En el diagrama del ciclo de refrigeración real se observa claramente que el ciclo tiene variaciones por efectos de caídas de presión, subenfriamiento en la tubería del líquido y sobrecalentamiento en la tubería de succión, que deben tomarse en cuenta en el momento del diseño y comprobados una vez se realice la instalación del

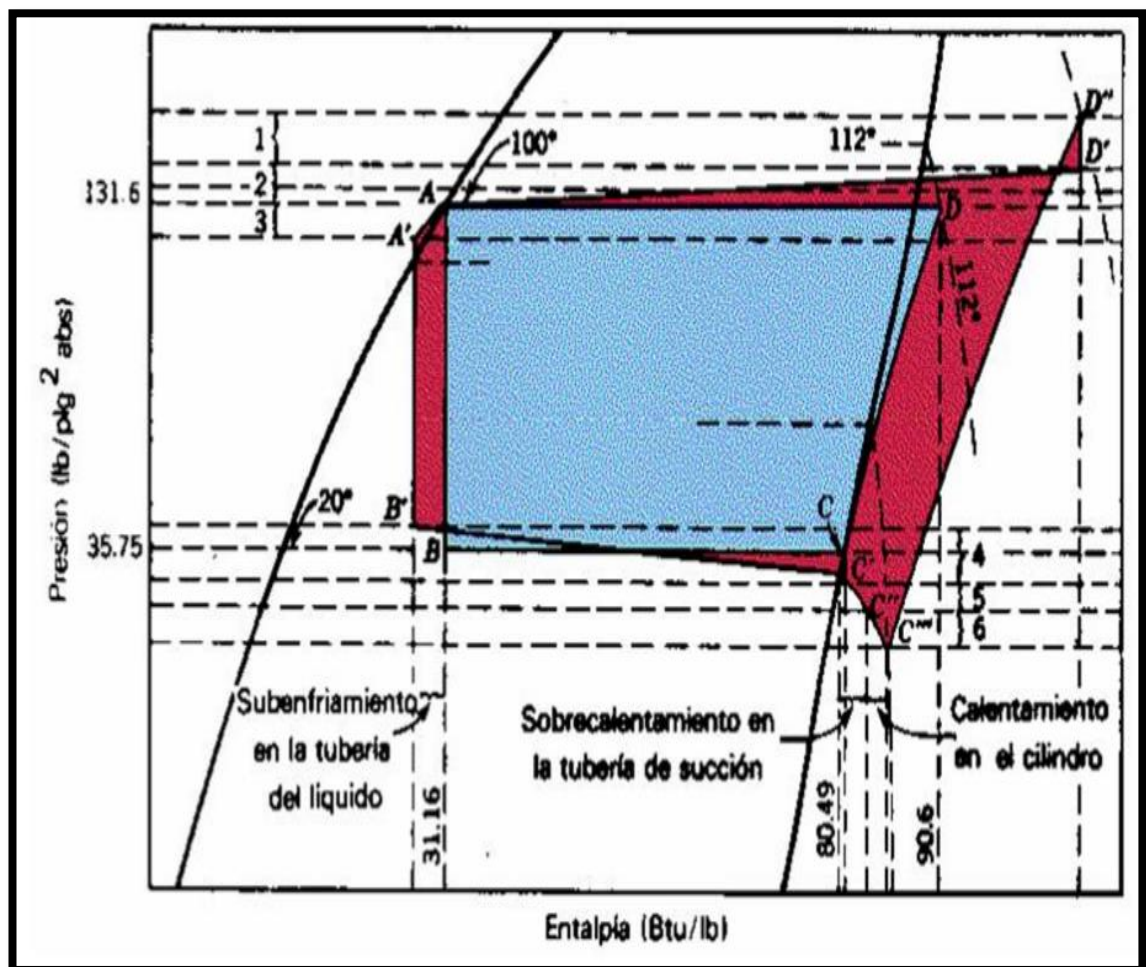
sistema de refrigeración. De esta forma obtendremos un ciclo más eficiente y adecuado para la necesidad para la cual se diseñó la cámara frigorífica

### 1.3.3 Ciclo simple real vs ciclo teórico

Hay varias causas que “deforman” el ciclo teórico:

- Subenfriamiento del líquido en el recibidor y en la línea de líquido.
- Sobrecalentamiento en el evaporador, en la línea de succión y en los canales de la succión del compresor.
- Caídas de presión en el evaporador, en las válvulas y canales del compresor, líneas de succión, descarga y líquido y en el condensador, etc.

**Figura 1.4** Diagrama p-h ciclo teórico vs ciclo simple real

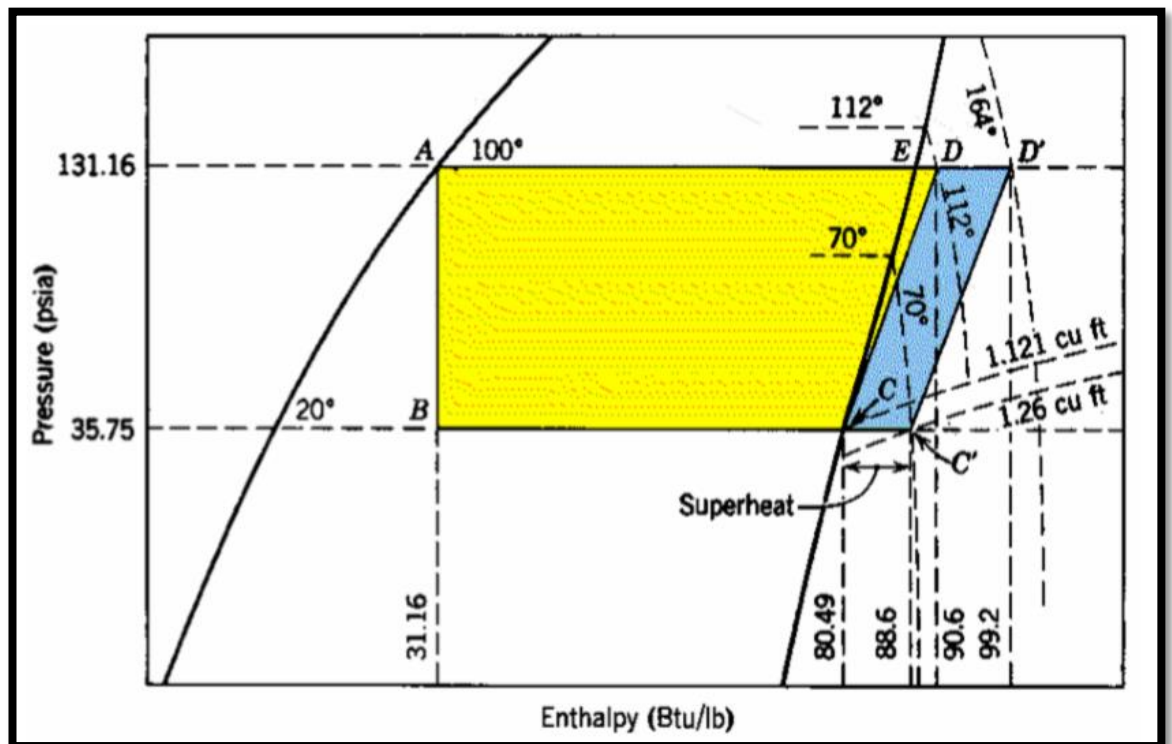


Fuente: Dossat, 2001, p. 160

#### **1.3.4 Efecto del sobrecalentamiento en la succión**

- El sobrecalentamiento es necesario para evitar que refrigerante líquido ingrese al compresor y lo dañe.
- El sobrecalentamiento se da en la parte final del evaporador, la tubería de succión instalada dentro del espacio refrigerado (conocida como lazo de secado), en la tubería de succión fuera del espacio refrigerado (su aislamiento no es perfecto) y en un subenfriador vapor líquido si lo hubiera.
- Nótese que el calor de compresión por libra es apenas mayor para el ciclo sobrecalentado que para el ciclo saturado. (Dosatt, 2001, p. 148)
- Para la misma temperatura de condensación y presión, la temperatura de descarga del compresor es considerablemente mayor para el ciclo sobrecalentado, una mayor cantidad de calor debe ser disipado en el condensador (por libra). Nótese que el calor adicional que debe ser disipado en el condensador es calor sensible.
- La densidad del vapor a la succión del compresor es menor, por lo que la masa de refrigerante que es comprimida por un compresor de un determinado desplazamiento será menor.
- En el sobrecalentamiento que produce enfriamiento útil, como en el caso de un subenfriador vapor líquido, el efecto refrigerante por libra es mayor para el ciclo sobrecalentado, el peso circulado por minuto por tonelada es menor, el volumen de vapor comprimido por minuto por tonelada y la potencia por tonelada es menor para el ciclo sobrecalentado. (Dosatt, 2001, p. 148)
- Cuando el sobrecalentamiento ocurre sin brindar enfriamiento útil, los cfm por tonelada, hp por tonelada, y Q3 por tonelada son mayores para el ciclo sobrecalentado. Esto significa que el compresor, su motor y el condensador serán más grandes.

**Figura 1.5** Diagrama p-h efecto de sobrecalentamiento en la succión



**Fuente:** Dossat, 2001, p. 157

### 1.3.5 Efecto del subenfriamiento del líquido

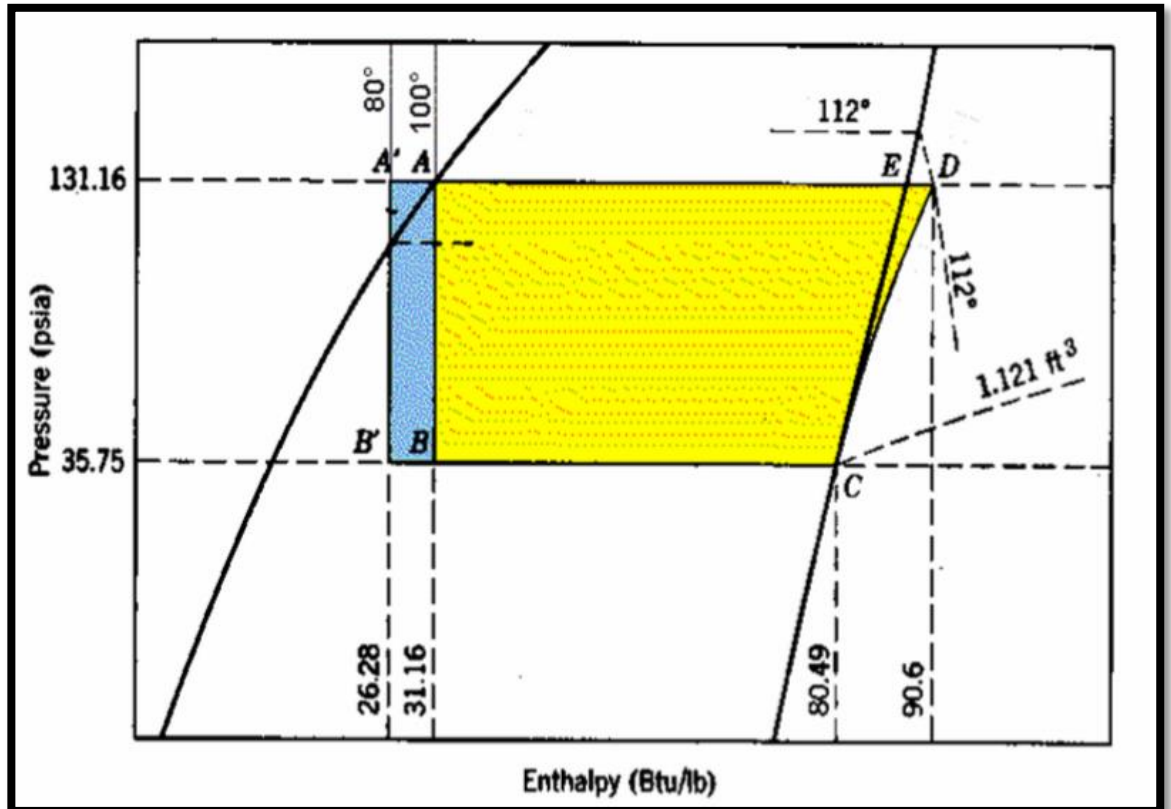
Mientras el líquido está almacenado en el recibidor y cuando circula a través de la línea del líquido.

- Subenfriadores enfriados por agua utilizados en forma paralela o en serie al condensador especialmente utilizado para aplicaciones de baja temperatura.
- Intercambiador de calor en la línea de succión, usa el vapor frío que proviene del evaporador para subenfriar el líquido mientras este se sobrecalienta. Realmente no se afecta la eficiencia del ciclo pues se utiliza el sobrecalentamiento del vapor que por otro lado no podemos evitarlo, así es que es mejor utilizarlo en forma útil. Generalmente con los refrigerantes de campana estrecha y en pequeñas instalaciones, se acostumbra el pegar la tubería de líquido con la de succión con el propósito de secar el vapor, de paso se consigue un subenfriamiento del líquido.



- En el caso del Amoníaco, que tiene una campana amplia la mejora de efecto refrigerante en % no es sustancial cuando se subenfria el líquido en un sistema de una etapa. (Dossatt, 2001, p. 154)

**Figura 1.6** Diagrama p-h efecto del subenfriamiento del líquido



Fuente: Dossat, 2001, p. 154

### 1.3.6 Efecto de las caídas de presión en el ciclo

Las caídas de presión en el evaporador, la línea de succión o cualquier intercambiador en esta línea y las válvulas de succión del compresor originan que el volumen que tiene que manejar el compresor sea mayor. Un evaporador bien diseñado produce una caída de presión de (2 a 3) psi. Idealmente la línea de succión es diseñada para producir una caída de presión de (1 a 2) °F (depende también de la presión de succión). (Dossatt, 2001, p. 159)

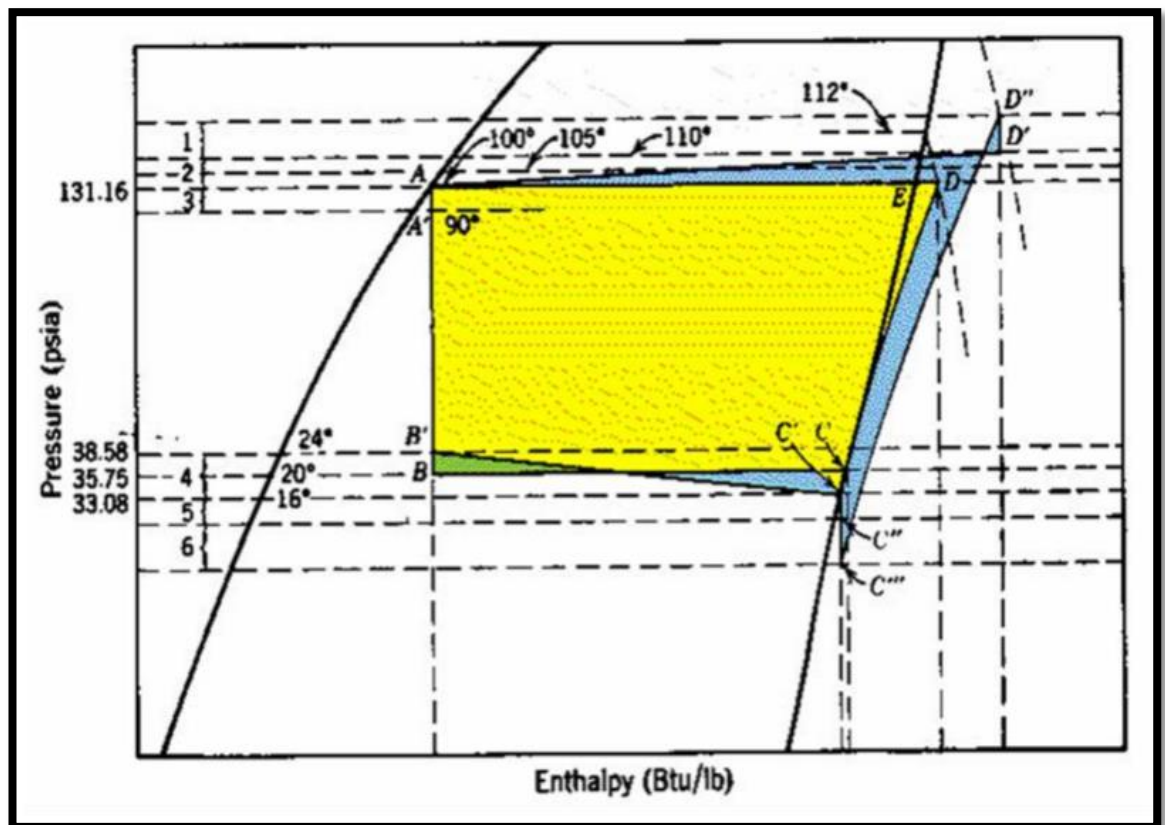
El compresor debe elevar la presión por sobre la presión de condensación para forzar la apertura de las válvulas de descarga y la caída de presión en la línea de gas en el condensador. Esto origina una mayor temperatura de descarga y un mayor consumo



de potencia. La caída de presión en la línea de líquido no repercute en la eficiencia del ciclo pero puede eventualmente ocasionar una vaporización dañina para la válvula de control de flujo por lo que generalmente se procura que esta caída de presión no exceda de los 5 psi y la temperatura de descarga también aumenta.

Nota: las caídas admisibles de presión en los sistemas de refrigeración dependen del refrigerante y de las temperaturas a las que opera en ciclo. (Dossat, 2001, p. 161)

**Figura 1.7** Diagrama p-h efecto de las caídas de presión.



**Fuente:** Dossat, 2001, p. 159

## 1.4 Máquinas refrigeradoras

Se basa en la propiedad física de que la evaporación de un líquido o la dilatación de un gas absorben calor, y la compresión o condensación desprenden calor. Una máquina frigorífica diseñada para modificar la temperatura del medio aplica el denominado ciclo de refrigeración por evaporación.

### 1.4.1 Elementos constitutivos de una cámara de conservación

Los elementos mínimos son:

- **Refrigerante.-** Es un fluido con propiedades especiales de evaporación y licuado. Su función consiste en, mediante los cambios de presión inducidos, absorber calor en un lugar y disiparlo en otro.
- **Compresor.-** Es un dispositivo mecánico que bombea el fluido refrigerante, creando una zona de alta presión y generando el movimiento del refrigerante en el sistema.
- **Condensador.-** Generalmente es un serpentín de cobre con laminillas de aluminio a modo de disipadores de calor. Es un intercambiador y su función consiste en liberar el calor del refrigerante al ambiente.
- **Evaporador.-** También es un serpentín, pero su presentación varía. En los equipos de acondicionamiento de aire es muy similar al condensador, pero en los refrigeradores domésticos suele ir oculto en las paredes del congelador. Es otro intercambiador y su función es que el refrigerante absorba calor del área refrigerada.
- **Dispositivo regulador de presión.-** Según el caso puede ser una válvula de expansión o un tubo capilar. Su función consiste en controlar el paso del refrigerante desde el área de alta presión a la de baja presión.
- **Termostato.-** Su función es apagar o encender automáticamente el compresor a fin de mantener el área refrigerada dentro de un campo de temperaturas.
- **Ventilador.-** Su función es aumentar el flujo de aire para mejorar el intercambio de calor. Generalmente está en el área del condensador. Según el tipo de dispositivo que sea, puede haber o no en el área del evaporador.

Otros elementos no siempre presentes son:

- Filtro de humedad
- Depósito de refrigerante líquido

## **1.5 Aplicaciones de refrigeración**

### **1.5.1 Introducción**

El trabajo de una planta de refrigeración es enfriar artículos o productos y mantenerlos a una temperatura más baja que la temperatura ambiente. La refrigeración se puede definir como un proceso que saca y transporta el calor.

Los más viejos y mejores refrigerantes conocidos son el hielo, el agua y el aire. Al principio, el único propósito de la refrigeración fue conservar alimento. Los chinos fueron los primeros en descubrir que el hielo aumentaba la vida y mejoraba el gusto de las bebidas y durante los siglos los esquimales han conservado alimentos congelándolos.

A principios de este siglo fueron conocidos los términos tales como bacterias, fermentación, enmohecimiento, enzimas. También se descubrió que el aumento de microorganismos dependiente de la temperatura y que este crecimiento disminuye cuando la temperatura desciende y que el crecimiento empieza a ser muy bajo a temperaturas por debajo de +10°C.

Como consecuencia de este conocimiento fue entonces posible el uso de la refrigeración para conservar productos alimenticios y el hielo se empezó a usar para este propósito.

La electricidad empezó a jugar su papel al principio de este siglo y las plantas mecánicas de refrigeración empezaron a ser comunes en muchos campos. Por ejemplo, cervecerías, mataderos, pescaderías y fabricación de hielo.

Después de la segunda guerra mundial el desarrollo de los pequeños compresores herméticos adquirió una seria reputación y los refrigeradores y congeladores empezaron a utilizarse en los hogares. Hoy día estas aplicaciones son estimadas como necesidades normales de un hogar. (Ospino, 2001, p. 2)

Ahora hay numerosas aplicaciones para plantas de refrigeración: Como ejemplos tenemos:

- Conservación de productos alimenticios
- Procesos de refrigeración
- Plantas de aire acondicionado
- Plantas secadoras
- Instalación de enfriamiento de agua
- Contenedores refrigerados
- Bombas de calor
- Fábricas de hielo
- Liofilización.

De hecho es difícil imaginar la vida sin refrigeración y congelación, este impacto en nuestra existencia es mucho más grande que lo que la gente se imagina. Las aplicaciones en refrigeración se han agrupado en seis grandes categorías generales.

### **1.5.2 Refrigeración doméstica**

Este campo está limitado principalmente a refrigeradores y congeladores caseros. Sin embargo, debido a que es muy grande el número de unidades en servicio, la refrigeración doméstica representa una parte significativa de la refrigeración industrial.

Las unidades domésticas son de tamaño pequeño teniéndose capacidades de potencia que fluctúan entre 1/20 y 1/2 HP y los compresores son de sellado hermético.

### **1.5.3 Refrigeración comercial**

Se refiere al diseño, instalación y mantenimiento de unidades de refrigeración del tipo que se tienen en establecimientos comerciales para su venta al menudeo, restaurantes, hoteles e instituciones que se dedican al almacenamiento, exhibición, procesamiento y a la distribución de artículos de comercio.

### **1.5.4 Refrigeración industrial.**

A menudo se confunde la refrigeración comercial porque su división no está claramente definida. Como regla general, las aplicaciones industriales son más grandes en tamaño que las aplicaciones comerciales y la característica que las distingue es que requieren un empleado para su servicio. Algunas aplicaciones

industriales típicas son plantas de hielo, grandes empacadoras de alimento, cervecerías, lecherías, etc.

#### **1.5.5 Refrigeración marina y de transporte**

Se refiere a la refrigeración que se tiene en barcos de tipo pesquero y barcos de transporte de alimentos. La refrigeración de transporte se refiere al equipo de refrigeración utilizado en camiones, container, etc.

#### **1.5.6 Acondicionamiento de aire.**

Concierne o se refiere a la condición del aire en algún área o espacio designado. Por lo general involucra no únicamente el control de la temperatura del espacio, sino también de las condiciones de humedad del mismo, filtrado y limpieza.

Las aplicaciones de acondicionamiento de aire son de dos tipos: las de confort o para uso industrial.

#### **1.5.7 Conservación de alimentos**

Es uno de los usos más comunes, ya que la conservación de alimentos es parte integral de la actividad humana. Actualmente las grandes poblaciones humanas requieren enormes cantidades de alimentos, que son producidos en lugares apartados de dichas zonas

### **1.6 Sistemas de refrigeración**

Se puede efectuar la refrigeración por compresión y por absorción.

El sistema de refrigeración que más se emplea es el de compresión, en las máquinas de este tipo constituye la parte central del sistema la bomba o compresión que recibe vapor a baja presión y lo comprime. Con esta operación se elevan considerablemente la presión y la temperatura del vapor. Luego este vapor comprimido y calentado fluye por el tubo de salida hasta el condensador térmico donde el vapor cede su calor al agua o aire frío que rodea al condensador. En esta forma su temperatura desciende hasta el punto de condensación y se convierte en líquido con la correspondiente liberación de calor que ocurre en estos casos. (Ospino, 2001, p. 5)

Los ciclos termodinámicos de enfriamiento, tanto el de compresión como el de absorción, permiten sacar calor del espacio que quiere enfriarse y llevarlo a otro lugar donde se disipa. Para hacerlo, ambos sistemas aprovechan la necesidad de un fluido, utilizado como refrigerante, de obtener calor del entorno para pasar del estado líquido al de vapor al ser introducido en un espacio a más baja presión.

Mientras que en el ciclo de compresión la diferencia de presiones se obtiene con un compresor mecánico, en el de absorción se consigue aportando calor a una mezcla del refrigerante y otra sustancia que se caracteriza por tener una gran afinidad con aquel y absorberlo fácilmente. En el generador donde se aporta el calor, el refrigerante se separa del absorbente por ebullición y por la presión generada, recorre el circuito de alta presión donde se condensa (como en el ciclo de compresión) hasta evaporarse de nuevo en la zona de baja presión, donde se asocia con el absorbente para poder volver juntos y en estado líquido al generador. (Gobierno de las Islas Baleares, 2006, p. 1)

## **1.7 Refrigerante R-404 a**

### **1.7.1 Introducción**

En la actualidad la industria en el Ecuador exige que los procesos de embalaje y almacenamiento que se realice en cámaras frías se utilicen refrigerantes que causen un mínimo impacto en el ambiente. Siendo este el aspecto de mayor importancia para su selección. Por otro lado no podemos olvidar las características termo físicas de los refrigerantes que deben ser analizados cuidadosamente para obtener los mínimos consumos de potencia y que los requerimientos de refrigeración sean alcanzados. (García, 2006, p. 91)

Propiedades de seguridad de impacto ambiental

- Los refrigerantes, deben ser químicamente inertes en su estado puro como cuando están mezclados con humedad del aire en cierta proporción.
- El refrigerante no debe contaminar de ninguna manera los productos alimenticios.

- El refrigerante no debe alterar las condiciones naturales del medio ambiente, en el caso que los sistemas de refrigeración tengan alguna fuga, su grado de impacto en la destrucción de la capa de ozono debe ser nula.
- Baja afectación en el efecto invernadero.
- La toxicidad en los refrigerantes tiene que ser nula, es decir de grado 6 ya que en concentraciones muy grandes son nocivos para la persona que está expuesta.
- La inflamabilidad para cualquier concentración de refrigerante con aire debe ser nula.

Las propiedades termo-físicas que influyen en la capacidad y eficiencia del sistema de refrigeración son:

El calor latente de vaporización debe ser alto para que sea mínimo el peso del refrigerante que circule por el sistema.

El volumen específico debe ser bajo para que conjuntamente con el calor latente alto, en condiciones de vapor tenga un incremento en la capacidad y eficiencia del compresor. La diferencia entre la presión de condensación y evaporización: debe ser baja para obtener un consumo menor de potencia y alta eficiencia volumétrica. La temperatura baja en la descarga: reduce la posibilidad de sobrecalentamiento del compresor y contribuye para el incremento de la vida útil del compresor. Presión condensante razonablemente baja: esto permite usar materiales de peso ligero en la construcción del equipo de condensación así reduce el tamaño y costo del equipo. Y consideraciones muy importantes como: disponibilidad del refrigerante en el mercado nacional costo del refrigerante. (García, 2006, p. 91)

### **1.7.2 Alternativas viables en la selección del refrigerante**

En nuestro análisis se tomara en cuenta los refrigerantes que se encuentran en el mercado ecuatoriano como son: R-12, R-22, R-502, R-134a, R-404a. Siendo este último el más comercializado y utilizado por equipos de procedencia internacional. Para este fin realizamos una matriz de decisión evaluando todos los aspectos anteriores. (García, 2006, p. 92)

**Tabla 1.2** Características termo-físicas de seguridad e impacto ambiental de los refrigerantes

CARACTERÍSTICAS	REFRIGERANTE				
	R-12	R-22	R-502	R-134A	R-404A
Calor latente de vaporización (BTU/lb)	66	88.45	64.008	84.307	73.95
Volumen específico de vapor (ft <sup>3</sup> /lb)	0.82	0.71	0.487	1.041	0.51
Efecto refrigerante (BTU/h)	49	64.24	41.59	58.867	43.86
Hp por tonelada de refrigeración	0.96	1.13	0.66	1.06	1.19
Coefficiente de rendimiento (C.O.P.)	4.9	4.16	7.07	4.41	3.92
Temperatura de descarga del compresor (°C)	49	60	48.8	48.8	50
Presión evaporador (psi)	48	76.31 4	86.98	44.915	101.52
Presión condensante (psi)	150	243.4	260.5	161.04	290.07
Inflamabilidad y explosividad	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Ozone depletion potential (ODP)	1	0.05	0.33	0	0
Costo de refrigerante 24lb. (USD)	97.94	85.7	134.67	183.64	202
Disponibilidad en el mercado	SI	SI	SI	SI	SI

**Fuente:** Gas Servei, 2013, p. 2

**Tabla 1.3** Matriz de evaluación para selección de diferentes alternativas de refrigerantes.

CARACTERÍSTICAS	REFRIGERANTE				
	R-12	R-22	R-502	R-134A	R-404A
Calor latente de vaporización (BTU/lb)	1	3	1	3	2
Volumen específico de vapor (ft <sup>3</sup> /lb)	2	2	1	3	1
Efecto refrigerante (BTU/h)	2	1	3	1	3
Hp por tonelada de refrigeración	2	3	1	2	3



Coefficiente de rendimiento (C.O.P.)	2	2	3	2	2
Temperatura de descarga del compresor (°C)	2	3	2	2	2
Presión evaporador (psi)	1	2	2	1	3
Presión condensante (psi)	1	2	2	1	3
Inflamabilidad y explosividad	3	3	3	3	3
Ozone depletion potential (ODP)	0	0	0	3	3
Costo de refrigerante 24lb. (USD)	3	3	3	2	2
Disponibilidad en el mercado	3	3	3	3	3
<b>Suma</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>30</b>

**Fuente:** Gas Servei, 2013, p. 3

Nota: mediante este análisis y bajo criterios de valoración se ha definido que el refrigerante que da más beneficios es el R-404a que a pesar de tener un costo más elevado, brinda menos impacto ambiental y mejores características termo-físicas.

El R-404a es una mezcla ternaria compuesta por R-125, R-143a y R-134a. Sus características termodinámicas lo constituyen como el sustituto ideal del R502 para el sector de la refrigeración en nuevas instalaciones para bajas y medias temperaturas. El R-404a se caracteriza por su notable estabilidad química y de un bajo deslizamiento de temperatura (glide), de 0.5°C. Al ser un producto libre de cloro su ODP es cero, lo cual lo hace no dañino para la capa de ozono y lo convierte en un producto definitivo. (National Refrigerants Inc, 2014, p. 1)

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN**

#### **2.1 Diseño técnico y estudio mecánico**

##### **2.1.1 Estudio o necesidad en una cámara de conservación**

Es conocido la gran demanda de las vacunas que existe en la actualidad en el país. Esta circunstancia permite abastecer la demanda de importación y de comercio interno. Para esta última se tiene el problema de su conservación en forma técnica e higiénica, por cuánto normalmente existen dos alternativas que son las siguientes:

- Comprar las vacunas en sitios de distribución, donde se presenta la posibilidad de que no siempre se encuentre en buen estado de conservación, por lo que el tiempo de duración en esas condiciones es muy reducido.
- La otra alternativa se presenta conservación de las vacunas en contenedores portátiles a base de hielo, pero en condiciones de preservación mucho menos técnicas.

Otra razón por la cual se hace necesaria una cámara frigorífica para la distribución mayorista de las vacunas, es que debe aprovechar los periodos de tiempo en los cuales hay gran demanda, en campañas especializadas, y los periodos en los que disminuye considerablemente el consumo; por esta razón, es recomendable poseer siempre un stock para la venta.

La cámara permite mantener fresco las vacunas por periodos de 3 a 6 meses; pasado este tiempo, el producto empieza a descomponerse.

##### **2.1.2 Selección del sitio de ubicación**

En la construcción de una cámara frigorífica, es importante tomar en cuenta algunas consideraciones técnicas para seleccionar una buena ubicación.

Básicamente, se tiene problemas de radiación solar y humedad, cuyos efectos se debe tratar de disminuir, buscando en lo posible una ubicación que no se encuentre al aire libre, para no incurrir en gastos de construcción de paredes y techo dobles, con paso

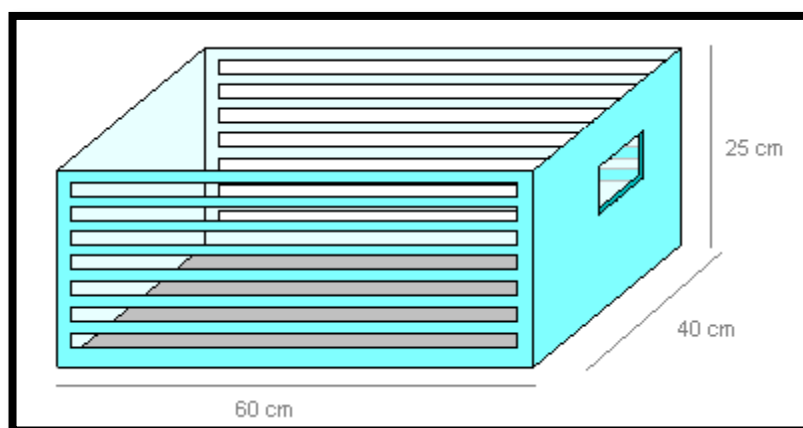
de aire intermedio, lo cual es imprescindible cuando se presenta una incidencia solar directa.

Como se trata de una cámara frigorífica que servirá para la comercialización de las vacunas, se ha seleccionado el local situado en la planta baja de un edificio, en donde no existe una incidencia solar directa, y se encuentra siempre a la sombra, tanto las cuatro paredes del entorno así como el techo de la cámara.

### 2.1.3 Dimensiones en función de la carga de las vacunas a conservarse

La carga de las vacunas que determina la capacidad de la cámara, será de 5263 libras, (cerca de 2387 Kg) considerando que esta es la capacidad apropiada que posibilitará la distribución de las vacunas en una farmacia. La forma de almacenamiento de las vacunas será en recipientes plásticos, cuyo contorno de paredes será en forma de rejillas finas, de tal forma que facilite la circulación del aire y no permita que el producto se caiga o se rompa y salga del recipiente. También es importante resaltar el hecho de que para el caso de las vacunas se requiere que todas las zonas de la cámara de refrigeración se deban mantener a una misma temperatura.

**Figura 2.1** Recipientes plásticos



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

La dimensión de este recipiente será de 60 cm de largo por 40 cm de ancho por 25 cm de altura, lo cual nos permitirá almacenar en cada uno de ellos 50 libras; adicionalmente, para mantener su frescura en óptimas condiciones.

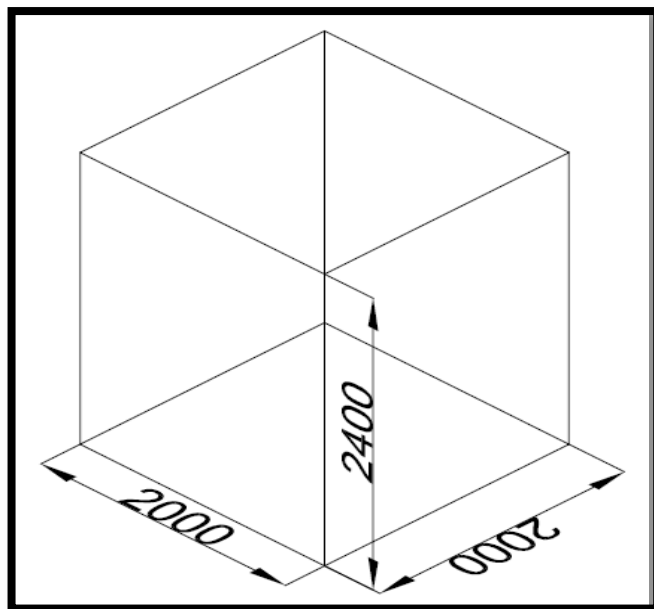
Vista la forma de almacenamiento, se concluye que se puede hacerlo en dos estanterías de cuatro pisos cada una, de 2m de largo por 0.5m de profundidad,

dispuestas en las dos paredes laterales, dejando un buen espacio al centro para circulación y manipuleo del producto, así como para la ubicación del evaporador o serpentín del enfriamiento.

Por las razones antes mencionadas, se tiene la necesidad de que las dimensiones de la cámara sean:

- Largo = 2 m = 6.56 ft
- Ancho = 2 m = 6.56 ft
- Altura = 2,4 m = 7.87 ft

**Figura 2.2** Esquema de cámara



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

#### **2.1.4 Selección de condiciones de conservación**

Como razón general, todo tipo de vacunas debe conservarse en un frigorífico o cuarto frío a una temperatura de +2 °C a +8 °C, con una temperatura media de +5°C, pudiendo ser transportadas a una temperatura ambiente no mayor a 22°C , pero durante periodos de tiempo cortos. (OMS, 2014)

Según la norma técnica N.- 147 de buenas prácticas de almacenamiento y distribución para droguerías y depósitos de productos farmacéuticos de uso humano según investigación y estudio del Ministerio de Salud del gobierno de Chile para proteger de la humedad, no excederá a más de 60% de humedad relativa en condiciones normales de almacenamiento. ( Ministerio de salud, 2013, p. 7)

Las condiciones de conservación de las vacunas sin congelamiento, están en función de la temperatura y la humedad del aire. Estos parámetros son los siguientes:

- Temperatura de 2 °C a 8 °C
- Humedad relativa del 50 al 60 %

En cuanto a la temperatura, esta medida servirá de base para determinar la carga de enfriamiento.

## **2.2 Cálculo de carga de refrigeración y selección de materiales.**

### **2.2.1 Metodología de cálculo**

Para realizar el cálculo de carga de refrigeración, inicialmente se debe seleccionar los materiales de paredes y pisos, ya que es importante conocer las características de éstos, especialmente en lo que se refiere a su conductividad.

También se debe considerar los aspectos de existencias, el medio local, costo de compra y facilidad de manejo en obra. Por las razones antes mencionadas, se selecciona como materiales de construcción: Panel de poliestireno expandido tipo sándwich que se lo puede obtener en el mercado, que no es muy costoso, además que existe una fábrica local, en la cual se puede obtener los paneles en el espesor requerido y con dimensiones estándares. Es necesario definir el espesor del aislamiento.

Existen diferentes procesos para determinar el espesor del aislante. Se puede calcular mediante el flujo máximo de calor, directamente de los espesores recomendados por los fabricantes en función del salto térmico.

En este caso, el cálculo del espesor de los paneles se realizará considerando el flujo máximo de calor permitido para cámaras de refrigeración. Es el caso más sencillo, y

el valor asignado a la densidad de flujo de calor suele ser fijado por la experiencia. Es una práctica habitual, aunque sus resultados pueden ser muy alejados de valores óptimos de diseño.

Un caso práctico es asignar un valor de pérdidas en paredes de cámaras frigoríficas en función de la temperatura interior de la misma (entre 6 y 7 W/m<sup>2</sup> para cámaras de congelación y entre 8 y 9 W/m<sup>2</sup> para cámaras de refrigeración). La diferencia viene establecida fundamentalmente por el distinto coste de producción de frío en función del nivel térmico requerido. (Atecy, 2007, p. 23)

El método propuesto a continuación es de gran utilidad. Se parte de la ecuación que expresa la tasa de transferencia de calor a través de una pared plana:

$$Q = A * K * (T_e - T_i) \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

$Q$ , tasa de transferencia de calor en W.

$A$ , superficie de cerramiento en m<sup>2</sup>.

$K$ , coeficiente global de transferencia de calor W/ (m<sup>2</sup> K).

$T_e, T_i$ , temperatura exterior/interior de diseño en °C.

El flujo de calor será

$$q = K * (T_e - T_i) \quad \text{Ec. 2.2}$$

El coeficiente global viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

$h_i$ , Coeficiente de convección interior en W/ (m<sup>2</sup> K).

$e_i$ , Espesor de las distintas capas de pared en metros.

$k_i$ , Conductividad de cada capa en W/ (m K).

$h_e$ , Coeficiente de convección exterior W/ (m<sup>2</sup> K).

En la práctica se desprecia la convección y sólo se tiene en cuenta la resistencia ofrecida por el aislante. En este caso, como sólo existe un material que forma el aislamiento térmico, el coeficiente de transferencia será:

$$\frac{1}{K} = \frac{e}{k}$$

De la unión de las expresiones anteriores, se obtiene que el espesor del aislante será:

$$e = \frac{K * (T_e - T_i)}{q} \quad \text{Ec. 2.4}$$

### 2.2.2 Dimensionado y selección del aislamiento

Los datos necesarios para el cálculo del aislante, son los siguientes:

- Las temperaturas interior y exterior de diseño son de 2 °C y 23 °C, respectivamente.
- El flujo de calor utilizado será de 8 W/m<sup>2</sup>.
- Se va utilizar unos paneles prefabricados con una conductividad térmica de 0,022 W/ m°C.

$$e = \frac{0.022 \frac{W}{m^{\circ}C} * (23^{\circ}C - 2^{\circ}C)}{8 \frac{W}{m^2}}$$

$$e = 0.057 \text{ m} = 5.7 \text{ cm} \sim 60 \text{ mm}$$

En el mercado se puede encontrar paneles con diferentes espesores. Los valores de espesores más próximos al valor obtenido son 50, 60 y 80 mm.

Se selecciona el panel de 60 mm por ser éste el que se encuentra más próximo del valor obtenido.

Con este espesor de panel, se garantiza que el flujo de calor estará por debajo de los  $8 \text{ W/m}^2$ , máximo recomendado para este tipo de instalación. (Atecy, 2007, p. 23)

Respecto al aislamiento para evitar el paso de vapor, estas placas van recubiertas por las dos caras, por una chapa de acero galvanizado de 0.45 mm observado en la tabla 2.1.

Este recubrimiento ofrece suficiente permeabilidad para evitar, en gran medida, el paso de vapor entre las dos caras del panel.

**Tabla 2.1** Datos de panel a usar

<b>TABLA DE DATOS DE PANEL A USAR</b>	
Tipo	Isopanel
Código	Isopanel sp
Ancho útil (m)	1.1
Espesor (mm)	60
Conductividad térmica (w/mk)	0.022
Barrera anti-vapor (mm)	0.45 (acero galvanizado)

**Fuente:** Arquidry, 2015, p. 3

### 2.2.3 Cálculo de carga térmica

Una vez definidas las variables en cuanto a selección de materiales, se procede a realizar el cálculo de carga correspondiente.

La carga total de una instalación frigorífica es el número de Btu que debe manejarse, o dicho de manera más correcta, la cantidad de calor que debe extraerse a fin de mantener la temperatura deseada en la cámara. Dicha cifra procede del total de calor que entra en el espacio a refrigerar por el efecto de las siguientes causas:

Flujo de calor correspondiente a  $Q_{\text{otros}}$ :

1. Flujo de calor a través de las paredes ( $Q_1$ ).
2. Entradas de aire exterior a la cámara ( $Q_2$ ).
3. Calor de los ventiladores del evaporador y otros motores ( $Q_3$ ).
4. Calor liberado por las personas ( $Q_4$ ).
5. Calor liberado por la iluminación. ( $Q_5$ ).



Flujo de calor correspondiente a  $Q_{\text{producto}}$ :

6. Conservación del producto ( $Q_{p1}$ ).
7. Refrigeración del producto (vacunas) en las diferentes etapas ( $Q_{p2}$ ).
8. Calor de respiración del alimento ( $Q_{p3}$ ).
9. Refrigeración del embalaje ( $Q_{p4}$ ).

#### **2.2.4 Flujo de calor a través de las paredes ( $Q_1$ )**

La entrada de calor por paredes, techo y suelo de la cámara es inevitable, pero puede reducirse eficazmente con la disposición de material aislante en toda la superficie interior del espacio frío.

El cálculo del valor de este flujo de calor debe hacerse para cada superficie por separado, sumándolas después. Consiguiendo de esta manera un resultado más exacto, excepto en el caso de que los valores de  $K$  y de  $\Delta t$  sean idénticos para todas las paredes de la cámara.

La tasa total de calor que entra en la cámara debido a las paredes, viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_1 = K * A * \Delta t \quad \text{Ec. 2.5}$$

Donde:

$Q_1$ , tasa de calor en W.

$K$ , coeficiente global de transmisión de calor de paredes, techo y piso en  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$A$ , área de cada pared en  $\text{m}^2$ .

$\Delta t$ , diferencia de temperatura entre el exterior e interior de la cámara en K.

Los valores usuales de  $K$  se pueden obtener por cálculo o bien utilizando tablas en las que se relacionan los materiales aislantes más comunes en éstas aplicaciones, con los valores de  $K$  dependiendo de su espesor.

Se define que el flujo de calor que traspasa los cerramientos como:

$$q = \frac{Q_1}{A} \quad \text{Ec. 2.6}$$

De acuerdo a lo antes mencionado según la guía técnica de diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. (Atecyr, 2007, p. 23) es recomendable utilizar los siguientes datos:

- $q = 8 \text{ W/m}^2$  para cámaras de conservación.
- $q = 6 \text{ W/m}^2$  para cámaras de congelación.

De esta manera se puede encontrar fácilmente el calor de transferencia en las paredes:

$$Q_1 = q * A$$

**Tabla 2.2** Datos básicos para iniciar el cálculo

DATOS DE LA CÁMARA DE CONSERVACIÓN				
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
Temperatura externa	23	°C	73.4	°F
Temperatura interna	2	°C	35.6	°F
Dimensiones externas				
Largo	2	m	6.56	Ft
Ancho	2	m	6,56	Ft
Alto	2.4	m	7.87	Ft
Área pared norte	4.8	m <sup>2</sup>	51.6272	ft <sup>2</sup>
Área pared sur	4.8	m <sup>2</sup>	51.6272	ft <sup>2</sup>
Área pared este	4.8	m <sup>2</sup>	51.6272	ft <sup>2</sup>
Área pared oeste	4.8	m <sup>2</sup>	51.6272	ft <sup>2</sup>
Área piso	4	m <sup>2</sup>	43.0336	ft <sup>2</sup>
Área techo	4	m <sup>2</sup>	43.0336	ft <sup>2</sup>
Área total externa	27.2	m <sup>2</sup>	292.576	ft <sup>2</sup>
Volumen de la cámara	9.6	m <sup>3</sup>	338.674	ft <sup>3</sup>

**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

Al reemplazar en la ecuación 2.7 se obtiene:

$$Q_1 = q * A$$

$$Q_1 = 8 \frac{W}{m^2} * 27.2 m^2$$

$$Q_1 = 217.6 W$$

Se puede calcular también el coeficiente de transmisión con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{q}{\Delta t}$$

$$K = \frac{8 \frac{W}{m^2}}{(23 - 2) ^\circ C}$$

$$K = 0.38 \frac{W}{m^2 ^\circ C}$$

Se puede comprobar el resultado de  $Q_1$  con la ecuación 2.5

$$Q_1 = K * A * \Delta t$$

$$Q_1 = 0.38 \frac{W}{m^2 ^\circ C} * 27.2 m^2 * 21 ^\circ C$$

$$Q_1 = 217.6 W$$

### 2.2.5 Entradas de aire exterior a la cámara ( $Q_2$ )

En la cámara de refrigeración debe existir ventilación suficiente para suplantar periódicamente el aire viciado por aire fresco. Esta ventilación se realiza principalmente con el uso de las puertas de la cámara, pero de no ser así suficiente, se debe proceder a la utilización de sistemas de ventilación requerido principalmente en las cámaras de conservación de grandes dimensiones.

Para el cálculo de esta entrada o cambio de aire es necesario hacer una estimación de las condiciones de temperatura y humedad relativa del exterior, para poder calcular su entalpía, la expresión que se aplica es:

$$Q_2 = n * V * \Delta h \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde:

$Q_2$ , potencia enfriamiento aire de renovación, en KJ/día.

$n$ , número de renovaciones de aire por día.

$V$ , volumen interior de la cámara en  $m^3$ .

$\Delta h$ , diferencias de entalpías entre el aire del exterior e interior de la cámara, en KJ/ $m^3$ .

**Tabla 2.3** Valores para renovaciones de aire en función del volumen.

VOLUMEN (m³)	RENOVACIONES POR DÍA (n/d)		VOLUMEN (m³)	RENOVACIONES POR DÍA (n/d)	
	TEMP < 0 °C	TEMP > 0 °C		TEMP < 0 °C	TEMP > 0 °C
2.5	52	70	100	6.8	9
3	47	63	150	5.4	7
4	40	53	200	4.6	6
5	35	47	250	4.1	5.3
7.5	28	38	300	3.7	4.8
10	24	32	400	3.1	4.1
15	19	26	500	2.8	3.6
20	16.5	22	600	2.5	3.2
25	14.5	19.5	800	2.1	2.8
30	13	17.5	1000	1.9	2.4
40	11.5	15	1500	1.5	1.95
50	10	13	2000	1.3	1.65
60	9	12	2500	1.1	1.45
80	7.7	10	3000	1.05	1.04

**Fuente:** Fernández, 2010, p. 21

En la tabla 2.3 se puede observar los valores normalmente utilizados para cámaras negativas y para cámaras positivas (por encima de 0°C), en función de su volumen.

El número de renovaciones por día  $\left(\frac{ren}{día}\right)$  viene dado en función del volumen de la cámara, según la tabla 2.3:

- $n = 32 \frac{ren}{día}$

La entalpía del aire ( $h$ ) se puede calcular si sabemos la temperatura ( $t$ ) y su humedad absoluta ( $W$ ), que podemos extraer fácilmente del diagrama psicométrico del aire húmedo. La entalpía será:

$$h = C_{pa} * t + W * (L_o + C_{pw} * t) \quad \text{Ec. 2.8}$$

Donde:

$C_{pa}$ , es calor específico del aire seco. (1.006 KJ/ kg °C)

$t$ , es la temperatura del aire en °C.

$L_o$ , es el calor latente de ebullición a 0°C. (2500.6KJ/ kg)

$C_{pw}$ , es el calor específico del vapor de agua a 23 °C. (1.86 KJ/ kg °C)

$W$ , es la humedad absoluta en kg vapor / kg aire seco.

**Tabla 2.4** Resumen de datos necesarios para el cálculo

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Temperatura exterior	$t_{ext}$	23	°C
Temperatura interior	$t_{int}$	2	°C
Humedad exterior (rel)	$\phi_{ext}$	67	%
Humedad interior (rel)	$\phi_{int}$	60	%
Humedad exterior (ABS) 2800 msm	$W_{ext}$	0.0168	kg/kg
Humedad interior (ABS) 2800 msm	$W_{int}$	0.00371	kg/kg
Superficie en planta	$A$	27.2	m <sup>2</sup>
Volumen de cámara	$V$	9.6	m <sup>3</sup>
Capacidad de carga	$m_{carga\ total}$	2387	kg
Masa embalaje	$m_{cartón}$	95.5	kg/día
Masa vidrio	$M_{vidrio}$	95.5	kg/día
Masa de producto entrada (vacunas)	$m_{ent.\ Prod.}$	955	kg/día
Temperatura entrada de vacunas	$T_{ev}$	7	°C
Temperatura entrada embalaje	$T_{ee}$	12	°C
Flujo de calor admisible	$Q$	8	W/ m <sup>2</sup>
Calor de específico del cartón	$C_{p\ cartón}$	1.34	KJ/ kg.°C
Calor específico vidrio	$C_{p\ vidrio}$	$3.86 \cdot 10^{-3}$	KJ/ kg.°C
Calor específico del agua ( $t > 0^\circ\text{C}$ )	$C_{p\ agua}$	4.18	KJ/ kg.°C
Densidad del aire	$P$	1.225	kg/ m <sup>3</sup>
Calor específico del aire seco	$C_{pa}$	1.006	KJ/ kg.°C
Calor latente de ebullición del agua	$L_o$	2500.6	KJ/ kg
Calor específico del vapor de agua	$C_{pw}$	1.860	KJ/ kg.°C

**Fuente:** EPN, 1996, p. 27-28-29 & Cengel, 2006, p. 888-889-890-927

En la tabla 2.4 se observa un resumen de todos los datos obtenidos después de realizar los cálculos

Al reemplazar los valores en la ecuación 2.8 se obtiene:

$$h_{ext} = C_{pa} * t_{ext} + W_{ext} * (L_o + C_{pw} * t_{ext})$$

$$h_{ext} = 1.006 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} * 23^\circ C + 0.0168 \frac{kg}{kg} * (2500.6 \frac{KJ}{kg} + 1.86 \frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C} * 23^\circ C)$$

$$h_{ext} = 65.866 \frac{KJ}{kg}$$

$$h_{int} = C_{pa} * t_{int} + W_{int} * (L_o + C_{pw} * t_{int})$$

$$h_{int} = 1.006 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} * 2^\circ C + 0.00371 \frac{kg}{kg} * (2500.6 \frac{KJ}{kg} + 1.86 \frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C} * 23^\circ C)$$

$$h_{int} = 11.303 \frac{KJ}{kg}$$

Con esto se obtiene la variación de entalpías:

$$\Delta h = 65.866 \frac{KJ}{kg} - 11.303 \frac{KJ}{kg}$$

$$\Delta h = 54.563 \frac{KJ}{kg}$$

Este valor se multiplica por la densidad del aire para obtener las unidades:

$$\Delta h = 54.563 \frac{KJ}{kg} * 1.225 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Delta h = 66.839 \frac{KJ}{m^3}$$

Se reemplaza en la ecuación 2.7 para obtener  $Q_2$ :

$$Q_2 = \frac{32}{\text{día}} * 9.6 m^3 * 66.839 \frac{KJ}{m^3}$$

$$Q_2 = 20532.940 \frac{KJ}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q_2 = 0.2376 \frac{KJ}{s} = KW * \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ KW}}$$

$$Q_2 = 237.6 \text{ W}$$

### 2.2.6 Calor aportado por los motores

En la mayoría de casos, el aire que circula por la superficie externa del evaporador es enfriado, llegando a una temperatura inferior a la de su punto de rocío (temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire), formando escarcha en la superficie del evaporador, por lo que se genera la necesidad de deshielar el mismo en intervalos frecuentes, por esta razón no resulta conveniente diseñar sistemas de refrigeración que trabajen continuamente.

Debido a que la acumulación de escarcha sobre el serpentín del evaporador tiende a aislarlo, reduciendo su capacidad, siendo necesario eliminar periódicamente la escarcha.

Un método utilizado para deshielar el serpentín es el conocido “ciclo fuera”, que consiste en parar el compresor momentáneamente dando lugar a que el evaporador incremente su temperatura, logrando así que la escarcha se retire de la superficie externa del evaporador. (Yajamin, 2012, p. 59)

Este equipo tendrá 16 horas de funcionamiento aproximadamente, para sistemas donde la temperatura interna de la cámara de refrigeración es mayor de 34 °F (1.1 °C). (Bohn, 2005, p. 4)

Este calor es liberado mayormente por los ventiladores del evaporador así también como de las resistencias para el descarche de la unidad evaporadora. La siguiente expresión determina el calor liberado por los motores:

$P = 140 \text{ w}$  (potencia de cada motor)

$t_{func} = 16 \text{ h}$  (tiempo de funcionamiento)

$$Q_3 = \left( \frac{P \times t_{func}}{24} \right) \quad \text{Ec. 2.9}$$

Al reemplazar datos en la Ec. 2.9 se obtiene:

$$Q_3 = 186.66 \text{ W}$$

### 2.2.7 Calor aportado por las personas

El personal que almacena o manipula productos en una cámara frigorífica aporta calor, sobre todo si realiza un trabajo intenso.

La expresión que se aplica es la siguiente:

$$Q_4 = \frac{(q * n * t)}{24} \quad \text{Ec. 2.10}$$

Donde:

$q$ , calor emitido por persona (W).

$n$ , es el número de personas.

$t$ , tiempo de permanencia en horas/día

El calor emitido por persona aumenta a medida que disminuye la temperatura, como se puede apreciar en la tabla siguiente:

**Tabla 2.5** Tabla de calor emitido por persona.

TEMPERATURA DE LA CÁMARA EN (°C)	POTENCIA LIBERADA POR PERSONA (W)
10	210
5	240
2	258
0	270
– 5	300
– 10	330
– 15	360

**Fuente:** Fernández, 2010, p. 22

Existirá una persona en la cámara durante 4 horas, tiempo que se abrirán las puertas para ingresar y sacar el producto. Siendo este también el tiempo que se mantendrán encendidas las bombillas.

La potencia que desprende una persona a 2 °C, según la tabla, interpolando es de 258W.



Se reemplaza en la ecuación 2.10

$$Q_4 = (258 \text{ W} * 1 \text{ persona} * 2h)/24$$

$$Q_4 = 21.5 \text{ W}$$

### 2.2.8 Calor liberado por la iluminación

Las lámparas de incandescencia invierten una parte de la potencia consumida en producir calor. Los fluorescentes, a causa de la potencia reactiva, producen un 30% más, por lo que no suelen utilizarse. Si no se sabe con precisión la potencia eléctrica dedicada a la iluminación, ésta puede determinarse según criterios estandarizados. Lo usual es prever dos niveles de iluminación diferentes para zona de almacenaje y zona de trabajo, en el caso de que hubiese dos zonas. Estos valores son respectivamente, de 12 y 27 W/m<sup>2</sup>. (Fernández, 2010, p. 23)

En este caso solo existe una zona de trabajo por lo tanto se utilizara la ecuación de la siguiente manera.

$$Q_5 = N_{iluminación} * \frac{t}{24} * (f) \quad \text{Ec. 2.11}$$

Donde:

$N_{iluminación}$ , potencia de iluminación en W.

$t$ , tiempo de funcionamiento de la iluminación en horas.

$f$ , si la iluminación es mediante fluorescentes debe multiplicarse por 1.25.

$$N_{iluminación} = i * A$$

No se tomara ningún valor de intensidad lumínica por existir solamente una zona de trabajo, y un tipo de luces no fluorescentes. Se considera que las luces estarán encendidas un máximo de 4 horas al día. Al Reemplazar los datos en la Ec 2.11 se obtiene:

$N_{iluminación}$  = potencia de iluminación en W

$$Q_5 = 125 \text{ W} * \frac{4}{24} * 1$$

$$Q_5 = 20.83 \text{ W}$$

En concepto el calor aportado por otras fuentes se tiene:

$$Q_{otros} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_{otros} = 217.3 \text{ W} + 237.6 \text{ W} + 186.66 \text{ W} + 21.5 \text{ W} + 20.83 \text{ W}$$

$$Q_{otros} = 683.89 \text{ W}$$

### 2.2.9 Conservación del producto

Esta partida contempla el enfriamiento del producto desde la temperatura de entrada en la cámara hasta la temperatura final, por encima del punto de congelación. La expresión a utilizar es la siguiente:

$$Q_{p1} = C_p * m * (T_e - T_f) \quad \text{Ec. 2.12}$$

Donde:

$C_p$ , calor específico por encima del punto de congelación expresado en KJ/ (kg °C).

Para el agua el dato se obtiene de (Cengel, 2006, p. 888)

$m$ , masa diaria de mercancía introducida en kg.

$T_e$ , la temperatura del producto al entrar en la cámara en °C.

$T_f$ , la temperatura del producto al final del enfriamiento en °C, esta temperatura será superior a la de congelación.

**Tabla 2.6** Calor específico, de productos y materiales

PRODUCTO	CALOR ESPECIFICO Btu/lb f°
Cerveza	1
Dulces	0.93
Cartón	0.32
Vidrio	0.001

**Fuente:** Dossat, 2001, p. 196

La forma de presentación de la mayoría de medicamentos termolábiles puede ser sólida o líquida, envasados herméticamente en vasos de cristal o plástico por lo que la humedad relativa en estos casos no tiene un valor significativo. De igual forma no tiene calor por respiración (proceso en cual el oxígeno del aire se combina con los carbohidratos en el tejido de una sustancia, dando como resultado la formación de dióxido de carbono y calor), como se da en el almacenamiento de frutas y vegetales.

**Nota:** se debe tener en cuenta que todos los valores que se utilizan para el cálculo de volúmenes son asumidos pero apegados a los reales, pues solo ayudaran hacer un diseño más exacto, obtenidos de recomendaciones de la bibliografía que se utilizó y de experiencia de personas involucradas en el campo.

Una de las recomendaciones para este tipo de cámara, es de no ocupar más del 50% del espacio disponible y dejar espacios vacíos entre los envases, con el fin de permitir la circulación de aire frío.

Para el cálculo del flujo másico se determinó de la siguiente manera:

El volumen total disponible es igual volumen total de la cámara menos el área que ocupa el evaporador esto es aproximadamente es:

$$\text{Volumen total disponible} = 9 \text{ m}^3 - (0.418 \times 0.6 \times 0.2) \text{ m}$$

$$\text{Volumen total disponible} = 9.55 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen recomendado} = 50\% \text{ Volumen total disponible}$$

$$\text{Volumen recomendado} = 4.77 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total del producto} = 50\% \text{ Volumen recomendado}$$

$$\text{Volumen total del producto} = 2.38 \text{ m}^3$$

Al tomar como referencia aproximada la densidad del agua, que es igual a  $1 \text{ gr/cm}^3$  y la relación: 1 lb es igual a 453.6 gr, se obtiene el peso aproximado en libras de producto que podrán ser almacenados en la cámara diseñada.

$$\text{Volumen total del producto} = 2.38 \text{ m}^3 * 1 \text{ gr/cm}^3 = 5263.47 \text{ lb} = 2387.49 \text{ kg}$$

Peso que será distribuido de la siguiente forma:

El 40 % del volumen total del producto será para las vacunas, el 10% del volumen de las vacunas será para el cartón y el vidrio respectivamente esto es:

Vacunas= 40% del volumen total del producto = 955 kg/día

Vidrio= 10% del volumen de las vacunas = 95.5 kg/día

Cartón= 10% del volumen de las vacunas = 95.5 kg/día

Es importante elegir la temperatura del producto al ingresar a la cámara ya que esta no debe romper la cadena de frio, por lo tanto como peor condición al entrar a la cámara será de 7°C

Para sacar la carga de las vacunas, vidrio, cartón, se reemplaza los valores de acuerdo a la carga, en la ecuación 2.12 respectivamente y se tiene:

$$Q_{p1} = C_p * m * (T_e - T_f) \quad \text{Ec. 2.12}$$

Al reemplazar los datos en la Ec. 2.12 se obtiene:

$$\text{Carga de vacunas} = Q_{p1} = 4.18 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * 955 \text{ kg} * (7 - 2) ^\circ\text{C}$$

$$\text{Carga de vacunas} = Q_{p1} = 19959.5 \text{ KJ/día}$$

Se realiza la transformación de unidades:

$$Q_{p1} = 19959.5 \frac{\text{KJ}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} = 0.23 \frac{\text{KJ}}{\text{seg}}$$

$$Q_{p1} = 0.23 \frac{\text{KJ}}{\text{seg}} = 0.23 \text{ KW} * \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ KW}} = 231 \text{ W}$$

El mismo procedimiento de cálculo se realiza con las cargas de vidrio y cartón.

$$\text{Carga de vidrio} = Q_{p2} = 2.31 \times 10^{-4} \text{ KW} = 0.23 \text{ W}$$

$$\text{Carga de carton} = Q_{p2} = 7.40 \times 10^{-3} \text{ KW} = 7.40 \text{ W}$$

Carga total de producto ( $Q_p$ ) =  $Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3}$

$$Q_p = 238.63 \text{ W}$$

Carga total de refrigeración ( $Q_w$ ) =  $Q_p + Q_{\text{otros}}$

$$Q_w = 238.63 \text{ W} + 683.89 \text{ W}$$

$$Q_w = 922.52 \text{ W}$$

A continuación se aplica a  $Q_w$  un factor de seguridad:

$$Q_T = 1.10 * Q_w \quad \text{Ec. 2.13}$$

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.13 y se obtiene:

$$Q_T = 1014.772 \text{ W}$$

### 2.2.10 Potencia nominal frigorífica

Suponiendo un funcionamiento diario de 16 horas, la potencia frigorífica necesaria será de:

$$N_F = Q_T * \frac{24 \text{ h}}{t} \quad \text{Ec. 2.14}$$

$Q_T$  = carga total

$T$  = tiempo

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.14 y se obtiene:

$$N_F = 1522.158 \text{ W}$$

### 2.2.11 Potencia nominal frigorífica en BTU/h

Para realizar este cambio de unidades se utiliza 3.4144 factor de transformación Watts a Btu/hora

$$N_F = N_F * 3.4144 \quad \text{Ec. 2.15}$$

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.15 y se obtiene:

$$N_F_{\text{Btu}} = 5197.25 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

### 2.2.12 Análisis del ciclo frigorífico en el diagrama p-h del refrigerante R-404a

El objeto de realizar un análisis del ciclo frigorífico en el diagrama p-h del refrigerante R-404a, es asegurar el enfriamiento del producto y mantenerlo a temperatura inferior de las condiciones ambientales exteriores, dentro de valores adecuados de humedad. En primer lugar se impondrá condiciones de trabajo al ciclo frigorífico, ya que este no es un sistema ideal sino que existe una serie de variaciones de temperatura y presión que va a influir en el rendimiento frigorífico.

Así pues definido las condiciones de diseño y utilizando la tabla de saturación del refrigerante escogido, se podrá deducir la temperatura, presión, entalpías y volumen específico en cada punto

**Tabla 2.7** Tabla de saturación del refrigerante R-404 a

Temp. °C	Presión kPa		Densidad kg / m³		Volumen m³ /kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ / kg °K	
	liquido	gas	liquido	gas	liquido	gas	liquido	latente	gas	liquido	gas
-12	409.81	401.74	1194.1	20.456	0.00083747	0.048886	183.61	175.97	359.58	0.93929	1.614
-11	424.28	416.06	1190.5	21.17	0.00083997	0.047236	184.96	175.15	360.11	0.94439	1.6134
-10	439.13	430.76	1186.9	21.905	0.0008425	0.045652	186.31	174.34	360.65	0.94947	1.6129
-9	454.37	445.86	1183.4	22.66	0.00084505	0.044131	187.66	173.52	361.18	0.95456	1.6123
-8	470.01	461.35	1179.7	23.436	0.00084764	0.04267	189.01	172.7	361.71	0.95963	1.6118
-7	486.05	477.24	1176.1	24.233	0.00085026	0.041265	190.37	171.87	362.24	0.9647	1.6113
-6	502.50	493.54	1172.5	25.053	0.00085291	0.039915	191.74	171.02	362.76	0.96976	1.6107
-5	519.37	510.26	1168.8	25.895	0.0008556	0.038617	193.10	170.18	363.28	0.97481	1.6102
-4	536.66	527.40	1165.1	26.761	0.00085832	0.037368	194.48	169.32	363.80	0.97986	1.6097
-3	554.38	544.97	1161.3	27.65	0.00086107	0.036167	195.85	168.46	364.31	0.9849	1.6092
-2	572.54	562.98	1157.6	28.563	0.00086386	0.03501	197.23	167.59	364.82	0.98994	1.6087
-1	591.14	581.43	1153.8	29.502	0.00086669	0.033896	198.61	166.71	365.32	0.99497	1.6082
0	610.19	600.33	1150.0	30.465	0.00086956	0.032824	200.00	165.82	365.82	1.00	1.6078
1	629.70	619.69	1146.2	31.456	0.00087246	0.031791	201.39	164.93	366.32	1.005	1.6073
2	649.68	639.52	1142.3	32.473	0.00087541	0.030795	202.79	164.02	376.81	1.01	1.6068
3	670.13	659.82	1138.4	33.517	0.00087839	0.029836	204.19	163.10	367.29	1.0151	1.6064
4	691.06	680.59	1134.5	34.59	0.00088142	0.02891	205.59	162.19	367.78	1.0201	1.6059
5	712.47	701.86	1130.6	35.692	0.00088449	0.028018	207.00	161.25	368.25	1.0251	1.6054
6	734.38	723.62	1126.6	36.823	0.00088761	0.027157	208.41	160.32	368.73	1.0301	1.605

7	756.79	745.88	1122.6	37.985	0.000890781	0.026326	209.83	159.37	369.20	1.0351	1.6045
8	779.71	768.65	1118.6	39179	0.00089399	0.025524	211.26	158.40	369.66	1.0401	1.6041
9	803.14	791.94	1114.5	40.405	0.00089725	0.024749	212.68	157.44	370.12	1.0451	1.6036
10	827.10	815.75	1110.4	41.664	0.00090057	0.024002	214.12	156.45	370.57	1.0501	1.6032
11	851.59	840.09	1106.3	42.957	0.00090394	0.023279	215.56	155.45	371.01	1.0551	1.6027
12	879.61	864.97	1102.1	44.286	0.00090736	0.022581	217.00	154.45	371.45	1.06	1.6023
13	902.19	890.40	1097.9	45.65	0.00091084	0.021906	218.45	153.44	371.89	1.065	1.6018
14	928.32	916.39	1093.6	47.052	0.00091437	0.021253	219.90	152.42	372.32	1.07	1.6013
15	955.01	942.94	1089.4	48.491	0.00091797	0.020622	221.36	151.38	372.74	1.075	1.6009
16	982.27	970.06	1085.0	49.971	0.00092163	0.020012	222.83	150.32	373.15	1.08	1.6004
17	1010.1	997.76	1080.7	51.49	0.00092536	0.019421	224.30	149.26	373.56	1.085	1.5999
18	1038.5	102.,00	1076.3	53.052	0.00092915	0.018849	225.78	148.18	373.96	1.09	1.5994
19	1067.5	105.,90	1071.8	54.657	0.00093301	0.018296	227.26	147.10	374.36	1.095	1.5989
20	1097.2	108.40	1067.3	56.306	0.00093695	0.01776	228.75	145.99	374.74	1.1	1.5984
22	1158.2	1145.20	1058.2	59.744	0.00094504	0.016738	231.75	143.74	375.49	1.11	1.5974
24	1221.8	1208.60	1048.8	63.379	0.00095346	0.015778	234.77	141.44	376.21	1.12	1.5964
25	1254.6	1241.20	1044.1	63.274	0.00095781	0.01532	236.3	140.25	376.55	1.125	1.5958
26	1288.00	1274.50	1039.2	67.223	0.00096224	0.014876	237.83	139.06	376.89	1.13	1.5953
27	1322.10	1308.40	1034.4	69.229	0.00096677	0.014445	239.37	137.85	377.22	1.1351	1.5947
28	1356.80	1343.10	1029.5	71.293	0.00097139	0.014027	240.91	136.62	377.53	1.1401	1.5941
29	1392.20	1378.40	1027.5	73.418	0.00097612	0.013621	242.47	135.37	377.84	1.1451	1.5935
30	1428.30	1414.40	1019.4	75.605	0.00098096	0.013227	244.03	134.11	378.14	1.1502	1.5929
31	1465.10	1451.10	1014.3	77.858	0.00098592	0.012844	245.60	132.82	378.42	1.1552	1.5923
32	1502.70	1488.50	1009.1	80.179	0.00099099	0.012472	247.18	131.52	378.70	1.1603	1.5916
33	1540.90	1526.60	1003.8	82.57	0.00099619	0.012111	248.77	130.19	378.96	1.1654	1.5909

Fuente: Icer, 2014, p. 2-3

**Nota:** se debe tener en cuenta que todos los valores que se utilizan para el análisis del ciclo real de refrigeración son asumidos pero apegados a los reales, pues solo ayudaran hacer un diseño más exacto, obtenidos de recomendaciones de la bibliografía que se utilizó y de experiencia de personas involucradas en el campo.

La diferencia entre la temperatura de condensación y del medio condensador (aire) debe de oscilar entre los (10 y 16) °C. La temperatura del medio condensador es la del aire en las condiciones de máxima temperatura. En climas muy cálidos, las elevadas temperaturas de condensación pueden repercutir en un bajo rendimiento del sistema. (Fernández, 2010, p. 59). Por tal motivo se define una temperatura de

condensación que será 10 °C mayor a la temperatura exterior de la cámara, es decir si la temperatura promedio es de 23 °C entonces:

$$T^{\circ}\text{condensación} = 33\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Cuando el refrigerante llega al final del serpentín, los tubos del condensador estarán llenos de líquido, que luego se drenara en el receptor. Si el condensador es lo suficientemente largo, puede que incluso el líquido se enfrié por debajo de 33 °C de la temperatura de condensación. A esto se lo denomina subenfriamiento. (Withman. 2000, p. 30). El valor de temperatura en la pérdida de presión en la condensación máxima admisible se suele fijar en la equivalente a 1°C de la temperatura de saturación. (Fernández, 2010, p. 83). Por esta razón se toma una temperatura de subenfriamiento de 1 °C y una temperatura de pérdida de presión en la condensación de 1 °C.

$$\text{Temperatura de subenfriamiento de condensación} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temperatura de pérdida de presión en la condensación} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

El mismo procedimiento se realiza para la temperatura de evaporación donde se tiene una temperatura 10 °C menor que la temperatura interior deseada en la cámara, que se determinó en 2 °C.

$$\text{Temperatura de evaporación} = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$$

La temperatura de recalentamiento en el evaporador, en general, suele estar entorno a los (4- 6) °C. (Fernández, 2010, p. 67).

Para las tuberías de líquido se acepta una pérdida de carga máxima, la variación es de (0 a 5) °C de la temperatura de saturación. Esta caída de presión no va relacionada con el consumo de energía, pero es un factor que puede contribuir a la creación de vapores instantáneos en la línea de líquido, reduciendo la producción frigorífica. Por tal motivo se toma valores de un proceso eficiente en el evaporador, estos datos son:

$$T^{\circ}\text{ de recalentamiento en el evaporador} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\circ}\text{ de pérdida de presión en la línea de aspiración} = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$$



Dibujando en la gráfica con los datos antes mencionados se tiene una temperatura de recalentamiento en la línea de aspiración = 13 °C

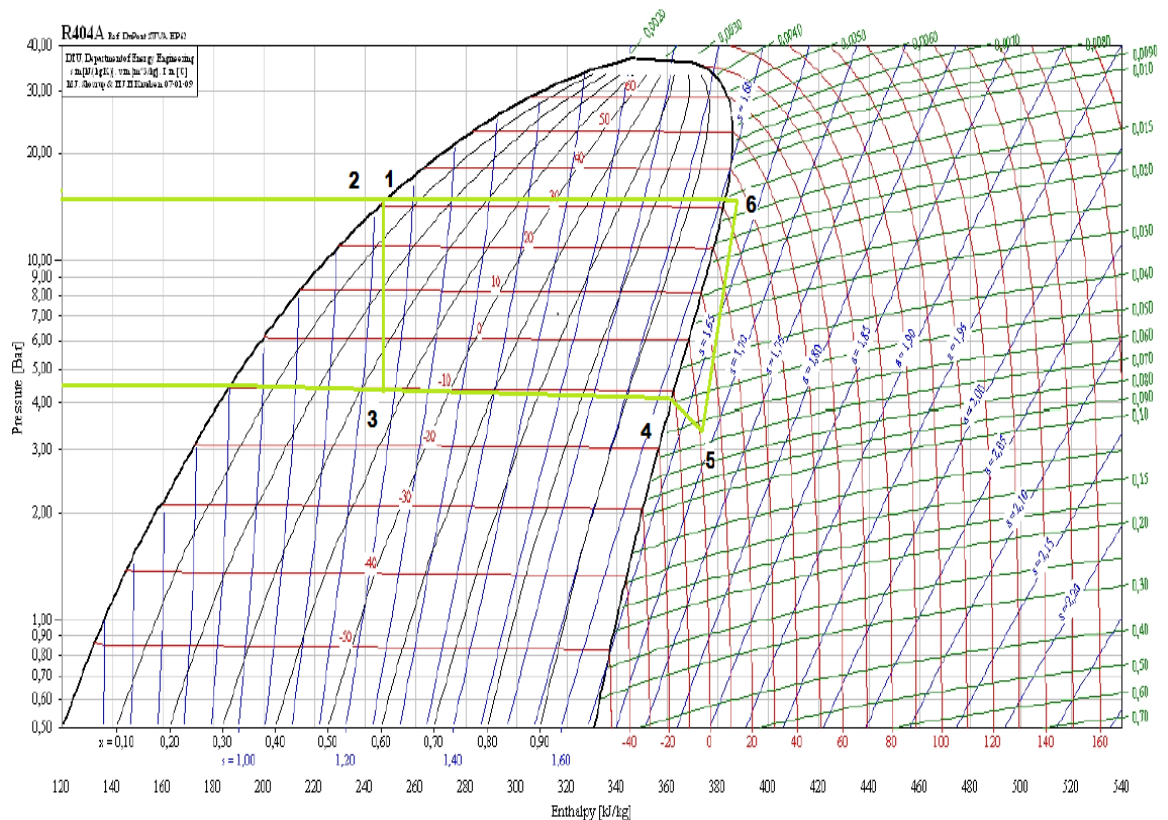
Para la descarga el refrigerante es 100 % líquido a la temperatura saturada de 33 °C. A medida que el líquido progresa a través de la bobina, el aire continúa enfriándolo por debajo de la temperatura real de condensación. El líquido puede llegar a alcanzar 10 °C por debajo de la temperatura de condensación de 33 °C antes de alcanzar la válvula de expansión. (Withman. 2000, p. 39). En este caso se toma los valores antes justificados que son: una temperatura de subenfriamiento de 10 °C y una temperatura de pérdida de presión a la entrada del condensador equivalente a 1 °C.

$T^{\circ}$  de subenfriamiento en la descarga = 10 °C

$T^{\circ}$  de pérdida de presión entrada del condensador = 1 °C

Con estas condiciones se tiene las diferentes temperaturas en cada uno de los puntos del diagrama P-h, correspondiente al R-404a

**Figura 2.3** Diagrama p-h del refrigerante R-404a



**Fuente:** Ramírez, 2000, p. 220

Este diagrama es representativo, ya que el recalentamiento, subenfriamiento y pérdidas de presión no se han representado con exactitud.

Punto 1    33 °C

Punto 2    32 °C

Punto 3    -12 °C

Punto 4    -11 °C

Punto 5    2 °C

Punto 6    33 °C

De la tabla 2.7 se obtiene las presiones en las zonas de vapor saturado y líquido saturado a las temperaturas antes definidas, además las entalpías exactas para cada punto.

$$P_{\text{evap}} = 439.13 \text{ Kpa}$$

$$P_{\text{cond}} = 1526.60 \text{ Kpa}$$

$$h_1 = 248.77 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2 = 247.1 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

La entalpía en el punto 2 se ha tomado la misma que en el punto 1 por estar muy cercana y ser despreciable la variación de entalpías.

$$h_3 = 247.1 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

En el punto 3 la entalpía es la misma que en el punto 2 por ser un proceso a temperatura y entalpía constante.

$$h_4 = 360.11 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

En el punto 4 tenemos vapor saturado es decir que el refrigerante pasa a estado gaseoso.

$$h_5 = 376.81 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$h_6 = 378.96 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

Las entalpías 5 y 6 son las correspondientes a las temperaturas en esos puntos.

$$P_5 = 639.52 \text{ Kpa}$$

$$P_6 = 1526.60 \text{ Kpa}$$

### 2.2.13 Rendimiento volumétrico

Este parámetro determina el aprovechamiento real del compresor respecto a su capacidad teórica de bombeo y compresión del refrigerante. Puede utilizarse para su cálculo la siguiente expresión:

$$n_v = 1 - 0.04 \frac{P_6}{P_5} \quad \text{Ec. 2.16}$$

Donde 0.04 es el espacio muerto del volumen desplazado en el compresor que es un valor normal para compresores herméticos.

Al reemplazar los datos en la Ec. 2.16 se obtiene:

$$n_v = 0.90$$

### 2.2.14 Rendimiento mecánico

Como es conocido toda máquina tiene un rendimiento mecánico y es proporcionada por el fabricante. Por motivos de cálculos se asumirá un rendimiento mecánico de 0.9. Luego se realizara una comparación con el rendimiento real del equipo que se seleccione.

$$n_m = 0.9$$

**NOTA:** La eficiencia mecánica de compresores, pueden tomarse valores entre 0.85 a 0.95. (Imfia, 2010, p. 21)

### 2.2.15 Rendimiento isentrópico

Se denomina rendimiento isentrópico al producto de los valores del rendimiento mecánico y el rendimiento volumétrico, es decir:

$$n_i = n_v \times n_m \quad \text{Ec. 2.17}$$

$n_i$  , rendimiento isentrópico

$n_v$  , rendimiento volumétrico

$n_m$  , rendimiento mecánico

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.17 y se obtiene:

$$n_i = 0.81$$

Para los puntos 7 y 8 los obtenemos a partir de la entalpía en 5 y el trabajo realizado por el compresor.

$$h_8 = h_5 + \frac{h_6 - h_5}{n_i} \quad \text{Ec. 2.18}$$

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.18 y se obtiene:

$$h_8 = 381.81 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

En el punto  $h_8$  se localiza la isoterma de 38 °C según tablas de refrigerante R-404a

$$t_8 = 38 \text{ °C}$$

El punto 7 está a la misma presión y con 10 °C por subenfriamiento

$$t_7 = t_8 - T^\circ \text{ de subenfriamiento en la descarga}$$

$$t_7 = 28 \text{ °C}$$

La entalpía en el punto 7 es:

$$h_7 = 377.53 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

### 2.2.16 Calor absorbido por el evaporador (producción frigorífica específica)

El calor que absorbe el refrigerante al pasar por el evaporador se determina con la variación de entalpía en el refrigerante a la entrada y la salida del evaporador.

$$q_e = h_4 - h_3$$

$$q_e = 113.01 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

### 2.2.17 Caudal másico de fluido frigorífico (R-404a)

Es importante determinar el caudal másico que debe bombear el compresor, capaz de proporcionar una potencia frigorífica determinada, Para lo cual se aplica la siguiente expresión:

$$\dot{m} = \frac{N_f}{\frac{1000}{q_e}} \quad \text{Ec. 2.19}$$

$N_f$  , potencia nominal frigorífica

$q_e$ , calor absorbido por el evaporador

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.19 y se obtiene:

$$\dot{m} = 0.011 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

### 2.2.18 Volumen específico del R-404a

Volumen específico es obtenido del diagrama y de tablas cuando el refrigerante está en el evaporador.

$$V_e = 0.05 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

### 2.2.19 Producción frigorífica volumétrica

$$q_v = \frac{q_e}{V_e} \quad \text{Ec. 2.20}$$

$$q_v = 2260.2 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^3}$$

### 2.2.20 Potencia frigorífica del evaporador

$$Q_v = (\dot{m} * q_e * 1000) \quad \text{Ec. 2.21}$$

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.21 y se obtiene:

$$Q_v = 1243.11 \text{ W}$$

### 2.2.21 Caudal volumétrico del compresor

$$V_g = \frac{\dot{m}}{V_e} \quad \text{Ec. 2.22}$$

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.22 y se obtiene:

$$V_g = 0.22 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

### 2.2.22 Caudal real

$$V_r = \frac{V_g}{n_v} \quad \text{Ec. 2.23}$$

$V_g$ , caudal volumétrico del compresor

$n_v$ , rendimiento volumétrico

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.23 y se obtiene:

$$V_r = 0.24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

### 2.2.23 Relación de compresión

$$r = \frac{P_6}{P_5}$$

$$r = 2.38$$

#### 2.2.24 Trabajo específico de compresión

$$W_c = \frac{h_7 - h_5}{n_i} \quad \text{Ec. 2.24}$$

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.24 y se obtiene:

$$W_c = 43.44 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

#### 2.2.25 Potencia real del compresor

Para hallar la potencia que necesita el compresor para bombear el volumen de refrigerante capaz de proporcionar la potencia frigorífica deseada se emplea la siguiente expresión:

NOTA: Por motivos de seguridad la potencia calculada se aumenta un 25%

$$N_c = \left( \frac{\dot{m} * W_c * 1.1}{n_v} \right) \times 1.25 \quad \text{Ec. 2.25}$$

$\dot{m}$ , caudal másico de fluido frigorífico

$W_c$ , trabajo específico de compresión

$n_v$ , rendimiento volumétrico

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.25 y se obtiene:

$$N_c = 0.72 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

$$N_{c\_hp} = \frac{N_c}{0.746}$$

$$N_{c\_hp} = 0.97 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp}$$

#### 2.2.26 Coeficiente de rendimiento

En un ciclo de refrigeración puede expresarse la eficiencia del mismo como la relación entre el calor absorbido por el evaporador en la cámara y la energía térmica equivalente que se necesita proporcionar al compresor.

$$\text{COP} = \frac{q_e}{w_c} \quad \text{Ec. 2.26}$$

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.26 y se obtiene:

$$\text{COP} = 2.60$$

### 2.2.27 Potencia indicada

$$N_i = \frac{\frac{N_f}{1000}}{\text{COP}} \quad \text{Ec. 2.27}$$

$N_f$  , potencia nominal frigorífica

COP, coeficiente de rendimiento

Se reemplaza los datos en la Ec. 2.27 y se obtiene:

$$N_i = 0.58 \text{ kw} \approx 0.6 \text{ kw}$$



## **CAPÍTULO 3**

### **INSTALACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA.**

#### **3.1 Introducción**

Los pasos a seguir para el montaje de los equipos son:

- a) Selección y adquisición de equipos y componentes de la cámara.
- b) Planificación del ensamble de los componentes de nuestro sistema.
- c) Instalación de los equipos y accesorios.
- d) Pruebas de fuga.
- e) Proceso de vacío.
- f) Carga de refrigerante en el sistema.
- g) Ajuste y comprobación del equipo de seguridad.
- h) Calibración del controlador programable de temperatura
- i) Pruebas de funcionamiento del sistema.

#### **3.2 Selección de equipos y accesorios**

##### **3.2.1 Capacidad de la unidad condensadora**

Para el sistema se va utilizar la unidad condensadora para conservación de vacunas de una capacidad es de 1 HP.

La unidad condensadora se elige en función de los siguientes parámetros:

- Refrigerante a utilizar: R 404 a.
- Capacidad frigorífica requerida: 0.30 KW.
- Temperatura de evaporación: -12 °C.
- Temperatura ambiente: 22 °C.

**Figura 3.1** Unidad condensadora



Elaborado por: Luis Tipán & Nelson Catucuago

### 3.2.2 Selección del evaporador

Para la selección del evaporador son necesarios los siguientes parámetros:

- Capacidad del sistema: 0.74 KW
- Temperatura de evaporación:  $-12^{\circ}\text{C}$
- Tipo de descarche: sin descarche.

**Figura 3.2** Evaporador de aire forzado



Elaborado por: Luis Tipán & Nelson Catucuago

**Figura 3.3** Placa del evaporador de aire forzado



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

En función de los parámetros antes mencionados se ha seleccionado un evaporador, modelo SAA07820N marca SMART BLUE.

### 3.2.3 Selección de la válvula de expansión

La selección de la válvula de expansión se realiza en función de los siguientes parámetros determinados:

- Refrigerante a utilizar: R 404 A
- Capacidad del sistema: 0.7 KW
- Presión de evaporación: 0.50 MPa
- Presión de condensación: 1.53 MPa
- Caída de presión a través de la válvula: 1 MPa
- Igualación de presión: interna.

En función de los parámetros anteriores se ha seleccionado la siguiente válvula:

MARCA DANFOSS, modelo TS 2-0.11. Gama N

**Figura 3.4** Válvula de expansión



**Fuente:** Danfoss, 2005, p. 1

### **Nomenclatura:**

Gama N

TS2, válvula de expansión termostática ecualizador interno.

0.11, orificio de la válvula de expansión.

### **3.2.4 Selección de la válvula solenoide**

La selección de la válvula solenoide está en función del diámetro de la tubería para este sistema se ha empleado la válvula marca DANFOSS, modelo EVR-3 y una bobina marca DANFOSS modelo BF220AS.

**Figura 3.5** Válvula solenoide acoplada con la bobina



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

### 3.2.5 Selección de manómetros

La selección de los manómetros de alta y de baja están en función de la presión de funcionamiento del sistema de refrigeración los manómetros que se va a utilizar para el vacío y carga del refrigerante tienen las siguientes características, marca REFCO escala en psi y en bar.

**Figura 3.6** Manómetros



**Fuente:** Reftools, 2015, p. 1

### 3.2.6 Selección de la válvula reguladora de presión de evaporación

La válvula reguladora de presión de evaporación se selecciona en función del diámetro de la tubería y a su vez a las necesidades de cada caso respecto a las regulaciones de presión.

Para nuestro sistema se ha seleccionado la siguiente válvula, marca SPORLAN, modelo ORIT -6 posee un rango de graduación que va desde (0 a 3.5) bar transformando va desde (0 a 50.76) psi que es lo adecuado para nuestro caso, a su vez se puede decir que son las más pequeñas que existen en el mercado.

**Figura 3.7** Válvula reguladora de presión



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

### **3.2.7 Conexiones de bronce y cobre**

Las conexiones de bronce y cobre han sido desarrolladas para su utilización en los sistemas de refrigeración, especialmente para las conexiones con las tuberías de cobre. Para garantizar el sellado ante la conexión macho y la tuerca, se requiere una correcta expansión de la tubería de cobre. La selección está en función del diámetro de la tubería.

**Figura 3.8** Conexiones de bronce y cobre



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

### **3.2.8 Selección del control programable de temperatura.**

El control programable de temperatura debe seleccionarse de acuerdo a los rangos de temperatura a utilizarse en el sistema. Este tipo de control permite controlar temperaturas de conservación, es decir es un controlador de temperatura específicamente para conservación.

Para la selección del controlador programable de temperatura se requiere de los siguientes parámetros:

Temperatura mínima de la cámara de conservación: 2 °C.

Temperatura máxima de la cámara de conservación: 8 °C.

Voltaje del sistema: 220V.

En la cámara de conservación de vacunas se utilizará un control programable de temperatura marca Full Gauge modelo TC-940Ri *plus*

#### **3.2.8.1 Descripción**

El TC-940Ri *plus* es un controlador digital de temperatura que administra ciclos de deshielos y los ventiladores del evaporador, poseyendo también una salida para alarma. Una característica innovadora y notable en el TC 940Ri es la posibilidad de empezar un ciclo de deshielo basado en la temperatura del evaporador, detectando el momento en que el sistema necesita realizar deshielo. Con eso, se obtiene mayor rendimiento y menor consumo de energía.

#### **3.2.8.2 Especificaciones técnicas**

**Alimentación:** TC-940Ri - 115/230 Vac  $\pm 10\%$  (50/60 Hz)

TC-940RiL - 12/24 Vac/dc

**Temperatura de control:** (-50 hasta 75) °C / (-58 a 167) °F

**Resolución:** 0.1°C entre (-10 y 75.0) °C y 1°C en lo demás / 1°F

**Temperatura de operación:** (0 hasta 50) °C / (32 hasta 122) °F



**Humedad de operación:** (10 hasta 90)% HR (no condensante)

**Dimensiones:** (71 x 28 x 71)mm

**Salidas de control:**

- REFR: 5(3)A / 250Vac 1/8HP (compresor, válvula solenoide o contactor )
- FANS: 5(3)A / 250Vac 1/8HP (forzadores del evaporador)
- DEFR: 5(3)A / 250Vac (deshielo-resistencia o gas caliente)
- ALARM: 3A/ 250Vac carga resistiva (alarma externa)

**Figura 3.9** Control programable



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

### 3.2.9 Selección del sifón

El sifón se selecciona en función del diámetro de la tubería y a su vez es necesaria su instalación ya que de esta manera se evita que si hay aceite circulando en el sistema se quede en este tramo ya que esa es la función que realiza dicho elemento.

**Figura 3.10** Sifón



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago



### 3.2.10 Selección de la tubería

Para la selección de la tubería hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

Diámetro de la tubería: 3/8 in para la línea de líquido

Diámetro de la tubería: 3/8 in para la línea de succión

En función de los parámetros anteriores se ha seleccionado la tubería de cobre tipo L, que me permita realizar acoples mecánicos de 3/8 in tanto para la línea de líquido, como para la de succión.

**Figura 3.11** Tubería



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

### 3.2.11 Selección de los contactores

Para la selección de los contactores es necesario saber los siguientes datos de la unidad condensadora de nuestro sistema. A continuación se pone a consideración los datos de placa de la unidad condensadora:

**Tabla 3.1** Datos de la placa de la unidad condensadora

<b>Intensidad nominal</b>	5.2 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Voltaje</b>	220 v
<b>Potencia</b>	1 Hp

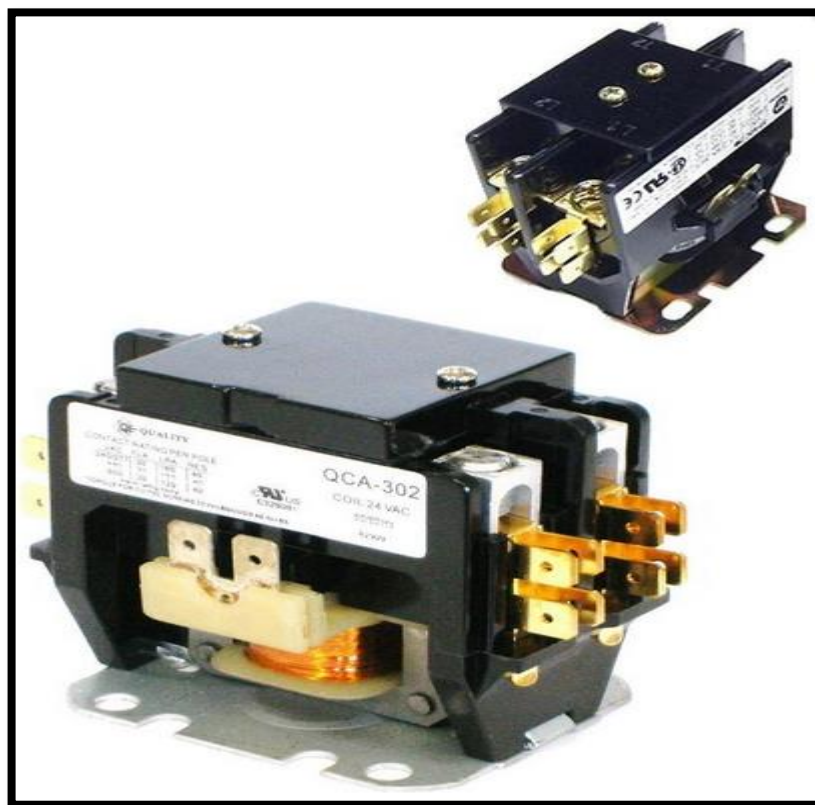
**Fuente:** Quality, 2015, p. 2

Para la selección de los contactores se debe conocer que es un elemento conductor que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina.

En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un numero de orden.

En base a los datos expuestos anteriormente se ha seleccionado: 1 contactor marca QUALITY

**Figura 3.12** Contactor



**Fuente:** Quality, 2015, p. 1

### **3.3 Planificación del ensamble de los componentes de nuestro sistema**

Hay que tener en cuenta la facilidad de ubicación y manipulación de los elementos del sistema y a la vez el orden de ensamble de los accesorios de acuerdo a los planos de instalación.

### 3.4 Instalación de los equipos y accesorios.

Todos los equipos y accesorios deben permanecer herméticamente cerrados hasta el momento de su instalación en el sistema para evitar humedad, ya que la humedad es enemiga número uno de la refrigeración.

#### 3.4.1 Unidad condensadora

La unidad deberá colocarse de tal manera que el aire pueda circular libremente y no sea recirculado para un adecuado flujo de aire y acceso a todos los lados de la unidad esta deberá colocarse a una distancia mínima de la pared u obstrucción se prefiere que esta distancia sea incrementada cuando sea posible. Tener cuidado de que haya espacio suficiente para trabajos de mantenimiento.

**Figura 3.13** Instalación de la unidad condensadora



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

#### 3.4.2 Instalación del evaporador

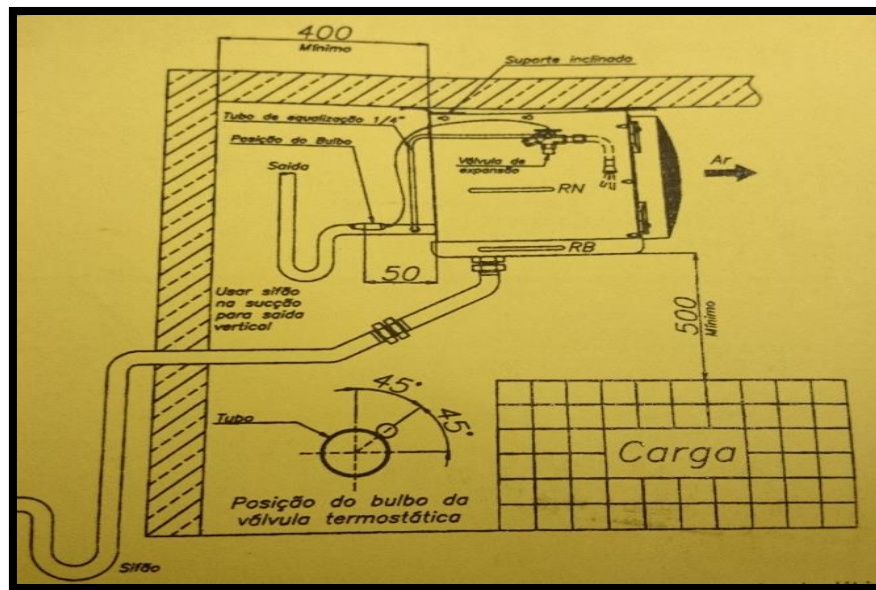
Para la colocación del evaporador deberán seguirse las siguientes reglas generales en caso de no contar con la guía de instalación:

- a) La dispersión del aire deberá cubrir la cámara completamente
- b) Nunca colocar los evaporadores sobre la puerta

- c) La ubicación de accesorios deberá conocerse
- d) La ubicación relativa al compresor debe ser para mínimos recorridos de tubería
- e) Ubicar la línea de drenado de los condensadores para mínimos recorridos de tubería.

En este caso se cuenta con la siguiente guía de instalación.

**Figura 3.14** Guía de instalación del evaporador



Fuente: Smart blue, 2015, p. 1

### 3.4.3 Instalación de la válvula de expansión

Antes de instalar la válvula de expansión en el distribuidor del evaporador deberá colocarse el orificio el cual es seleccionado para el refrigerante que será usado.

Para un máximo rendimiento es importante seleccionar una válvula de expansión de la capacidad correcta y carga seleccionada.

Las válvulas de expansión termostáticas pueden ser montadas en cualquier posición pero estas deben instalarse tan cerca al evaporador como sea posible.

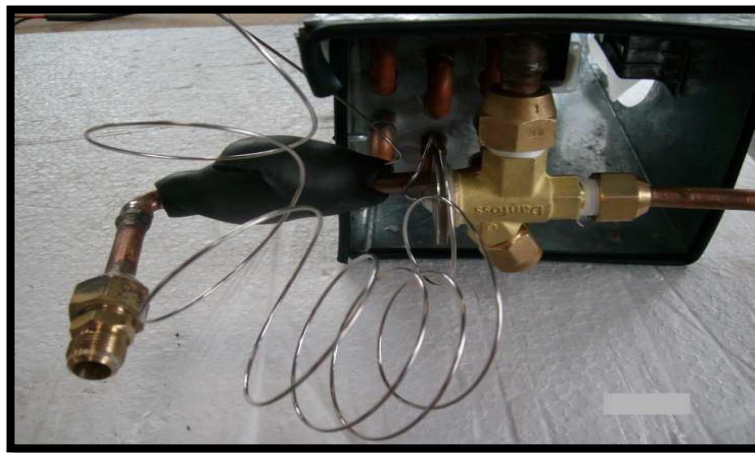
Para obtener el mejor rendimiento la salida de la válvula de expansión, deberá ser instalada directamente al cuerpo del distribuidor si esto no es posible la distancia entre la salida de la válvula y el distribuidor no deberá exceder 24" (61 cm), No

colocar "eles" o ángulos a lo largo de esta distancia de lo contrario se tendrán problemas de distribución de refrigerante.

El tubo que conecta la salida de la válvula y el distribuidor puede ser más pequeño para conservar la velocidad del refrigerante y mejorar la distribución.

Los codos colocados entre la válvula de expansión y el distribuidor dificultaran la adecuada distribución por lo tanto no son recomendables Sin embargo algunos accesorios pueden requerir el uso de codos.

**Figura 3.15** Instalación de la válvula de expansión



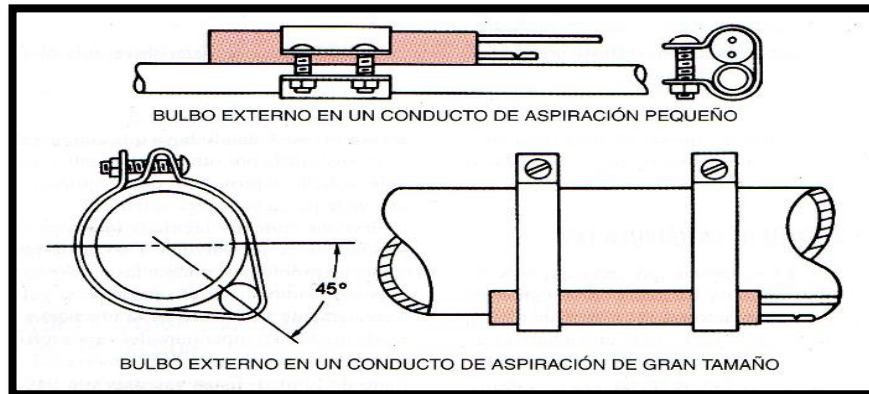
**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

#### **3.4.4 Ubicación del bulbo**

Colocar el bulbo de la válvula de expansión sobre un tramo horizontal de la línea de succión tan cerca al cabezal de succión como sea posible. El bulbo deberá ser sujeto perfectamente con abrazadera metálica en la línea de succión y cubierto con un aislante de tipo impermeable. El bulbo nunca debe colocarse sobre uniones acoplamientos u otras obstrucciones que no permitan hacer 100% contacto con la línea de succión.

El bulbo nunca deberá ser colocado en trampas o la sección baja de una trampa de la línea de succión. No se recomienda colocar el bulbo en la parte inferior de la línea de succión. El bulbo deberá ser instalado a las 8, 9 o 3, 4 en punto según las manecillas del reloj.

**Figura 3.16** Ubicación del bulbo



**Fuente:** ALCO Controls Division, Emerson Electric Company , 2010, p. 74

### 3.4.5 Instalación de la válvula solenoide

Todas las válvulas de solenoide, tipos EVR/EVRA, solamente funcionan cuando se instalan correctamente en la dirección de flujo, esto es, la dirección indicada por la flecha. Normalmente, cuando se monta una válvula de solenoide delante de una válvula de expansión termostática, se debe colocar cerca de ésta. Con esto se evitan golpes de ariete cuando la válvula de solenoide se abre.

Utilice siempre fuerzas contrarias en el apriete final de la válvula de solenoide a las tuberías, es decir dos llaves en el mismo lado de la válvula.

Cuando se monta la bobina, se presiona la misma con la mano sobre el tubo de la armadura hasta que se escuche un clic. Esto significa que la bobina ha sido colocada correctamente.

**Figura 3.17** Instalación de la válvula selenoide.



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago



Se debe comprobar que los datos de la bobina (tensión y frecuencia) correspondan a la tensión de suministro. En caso contrario, se puede quemar la bobina. Siempre se debe comprobar que la válvula y la bobina corresponden la una a la otra.

#### **3.4.6 Instalación de la válvula reguladora de presión de evaporación**

El regulador de presión de evaporación se instala en la línea de aspiración detrás del evaporador para regular la presión de evaporación en instalaciones de refrigeración con uno o más evaporadores y un compresor.

En dichas instalaciones, que trabajan con diferentes presiones de evaporación, se monta el OPR6 siguiendo el sentido de flechas marcada en dicha válvula.

El regulador de presión de evaporación OPR6 tiene una toma para acoplar un manómetro que se usa para regular la presión de evaporación. El OPR6 mantiene una presión constante en el evaporador.

**Figura 3.18** Instalación de la válvula reguladora de presión



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

### 3.4.7 Instalación de la tubería

Siempre que sea posible, el trazado de la tubería tiene que ser horizontal o vertical. Las excepciones son:

Las líneas de aspiración, a las que se les puede dar una ligera inclinación descendente hacia el compresor.

Las líneas de descarga, que pueden tener una ligera inclinación descendente alejándose del compresor.

Las abrazaderas, clips, etc. deben colocarse a intervalos convenientes, dependiendo del diámetro del tubo y del peso que ejercen los componentes montados en el trazado de la tubería.

Las trampas de aceite deben montarse en las tuberías de aspiración.

Por lo demás, las líneas de aspiración deben instalarse teniendo en cuenta el retorno de aceite al compresor.

**Figura 3.19** Instalación de tuberías.



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

Las tuberías deben ser cortadas con un corta-tubos. Nunca usar medios lubricantes o refrigerantes.



Evitar la viruta de cobre en el interior de la tubería. Hacer uso de herramientas de calibre para conseguir el diámetro y redondez adecuados.

Soplar con una potente corriente de aire comprimido seco o de nitrógeno seco a través de la tubería.

Nunca usar aire comprimido corriente, a causa de su gran contenido de humedad. Nunca soplar con la boca a través del tubo.

### **3.4.8 Acoples mecánicos y soldadura de plata**

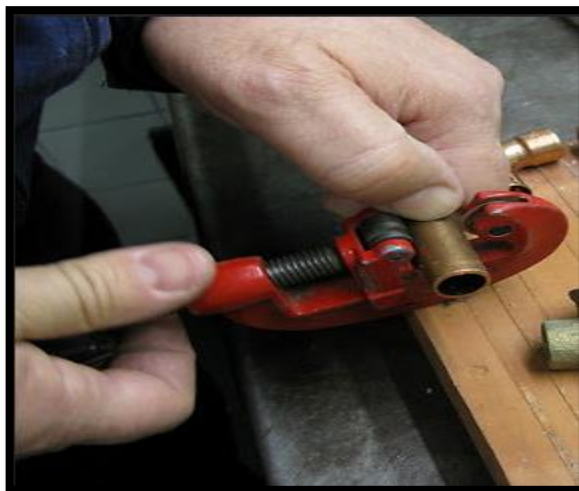
Para tener un buen acople mecánico se debe emplear solamente tubos de cobre aprobados para refrigeración.

Para realizar un buen acampanado primero se debe cortar los tubos en ángulo recto, eliminar todas las rebabas interiores y exteriores y por último hacer el ensanche abocardado a la medida adecuada, ni demasiado grande ni demasiado pequeño.

No apretar demasiado el ensanche abocardado para que no endurezca, el apriete final se efectúa al acabar el montaje de la instalación.

Todo este acampanado se realiza con una prensa de expansión la cual expande el extremo del tubo de cobre en forma cónica.

**Figura 3.20** Acoples mecánicos.



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

La soldadura apropiada para este tipo de tubería es de plata que se compone de un 30% de plata, cobre, zinc y estaño. La temperatura de fusión va desde unos 655 °C hasta cerca de 755°C.

Solamente se consigue una buena unión en superficies metálicas limpias y no oxidadas.

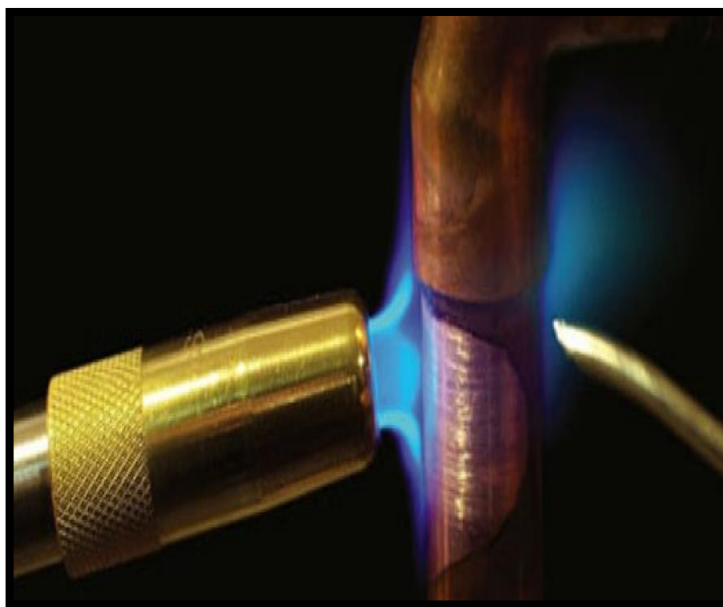
Se debe limpiar los extremos de las tuberías con un cepillo especial y aplicar al momento la materia fundente inmediatamente antes de soldar.

La materia fundente para soldadura con plata se disuelve con alcohol, nunca con agua.

Untar una capa fina de materia fundente alrededor del punto de soldadura después de haber unido las partes a soldar.

La soldadura de plata o de aleaciones de plata es ampliamente utilizada en la industria de la refrigeración, ya que tienen alta resistencia a la corrosión, a pruebas de vibración y a prueba de fugas.

**Figura 3.21** Soldadura de tuberías.



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

### **3.4.9 Instalación del sistema eléctrico**

En un sistema de refrigeración por compresión mecánica las instalaciones eléctricas constan de dos circuitos que gobiernan el sistema de refrigeración.

- **Circuito de control o de mando**

Es el plano donde se representan todos los elementos tales como Controlador, relés contactores que forman parte del sistema de control.

- **Circuito de potencia**

En el circuito de potencia es la parte que más consumo de corriente eléctrica necesita, esta parte es la que se encarga de excitar los relés, contactores para activar un dispositivo de salida, ya sea la unidad condensadora, ventiladores del presente proyecto.

### **3.4.10 Prueba de fugas**

Existen 2 métodos para verificar la existencia de puntos de fuga en una instalación: un detector electrónico, o el más común una solución de agua y jabón.

En este método existe la necesidad de presencia de refrigerante dentro del sistema para que el detector electrónico emita una señal.

En el método más común es necesario mantener presurizado el sistema de refrigeración con nitrógeno o bien sea refrigerante, y posteriormente aplicar la solución jabonosa en las conexiones de tubería, dobleces o bien donde se sospeche que existe fuga. En donde exista la formación de burbujas se habrá detectado una fuga.

Los sistemas de refrigeración deben ser herméticos ya que si existe alguna fuga habrá pérdida de la carga de refrigerante y como consecuencia habrá humedad.

En la cámara de refrigeración instalada se realizó la prueba de fugas con refrigerante R-404a elevando la presión y en seguida se aplicó la solución de agua y jabón.

Se realizó este procedimiento debido a la facilidad y a que disponemos del refrigerante.

**Figura 3.22** Prueba de fugas.



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catcuago

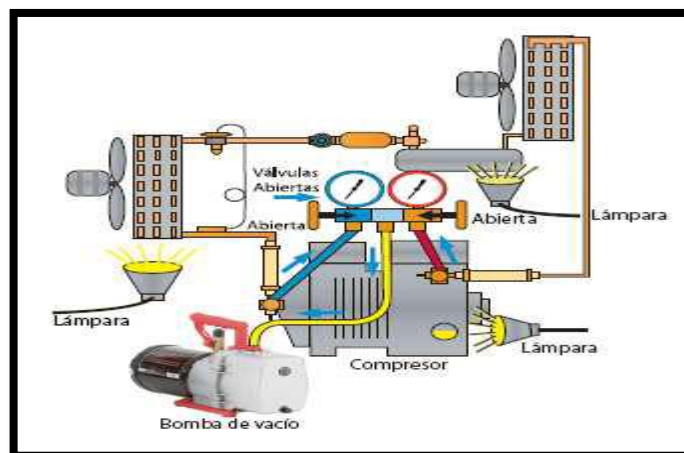
### 3.4.11 Proceso de vacío

Existen dos métodos para efectuar el proceso de vacío:

Evacuación con vacío profundo.- Es el medio más seguro de proporcionar un sistema libre de aire y agua, toma ligeramente más tiempo que el otro método. El propósito de la evacuación es reducir la presión o vacío lo suficiente para hervir o vaporizar el agua y luego bombearla fuera del sistema

Los vacíos a los que se debe llegar son: 500 micrones si se trabaja con aceite mineral o aceite alquil-benceno y 250 micrones si se trabaja con aceite poliol-éster. El vacío correcto se alcanza midiendo por medio de un vacuómetro y no por el tiempo que se deje la bomba trabajando en el sistema.

**Figura 3.23** Proceso de vacío



**Fuente:** Cero grados celcius, 2013, p. 1

Evacuación triple.- No requiere de un equipo de alto vacío, sin embargo este método no debe utilizarse si se sospecha la existencia de agua líquida en el sistema. Se requiere de una bomba de evacuación con capacidad para producir 20 plg. de Hg de vacío.

Este método de evacuación se basa en el principio de diluir los gases no-condensables y la humedad, con vapor refrigerante limpio y seco; este vapor es luego retirado del sistema, llevándose con él una porción de contaminantes. Cuando el procedimiento se repite, los contaminantes restantes son proporcionalmente reducidos hasta que el sistema está libre de humedad.

**Nota:** para poner en funcionamiento el sistema de refrigeración y garantizar un buen vaciado se realizó el proceso vacío profundo.

### **3.5 Carga de refrigerante en el sistema**

Después de haber evacuado el sistema adecuadamente se cierra la válvula del manifold y las conexiones a la bomba de vacío y el vacuómetro. Conecte el cilindro del refrigerante.

Purgue la manguera de servicio del manifold que conecta al circuito. Abra la válvula de servicio que da acceso al cilindro del refrigerante y después abra el registro de alta presión del manifold que conecta al lado de alta del compresor.

Con el sistema parado cargue refrigerante en forma líquida por el lado de alta del compresor. Espere por lo menos 10 minutos antes de conectar el equipo, cierre el registro de alta presión del manifold, abra el registro de baja presión que conecta con la succión y con el sistema en funcionamiento complete la carga con refrigerante en forma gaseosa. Verifique a través del visor de líquido que la carga del refrigerante este completa, revisando que el refrigerante no produzca burbujas al pasar por el visor de líquido.

La carga de refrigerante se realizó en forma de vapor por el método de la mirilla, que se basó en el funcionamiento del sistema de conservación, ya que se cargó el refrigerante hasta el momento que llegue a la temperatura más crítica que es de -15 °C en ese momento se detiene la carga del refrigerante cuando no exista la presencia de burbujas y la mirilla este completamente llena de refrigerante.

### 3.6 Ajuste y comprobación del equipo de seguridad

Una vez puesto en marcha el sistema de refrigeración se verifica las presiones tanto de succión como de descarga, ya que al funcionar los dos sistemas simultáneamente debemos tener presiones en la descarga dentro de los parámetros de diseño.

La válvula reguladora de presión OPR6 se regula de la siguiente forma:

Serie Tamaño del puerto Rango ajustable en psig

OPR6 ½ in. 0-60

Para comprobar el correcto funcionamiento de la OPR6 en la línea de descarga se debe poner en funcionamiento los dos sistemas de refrigeración para que mediante los manómetros de baja podamos apreciar las presiones iguales en el momento del retorno del refrigerante a la unidad condensadora.

### 3.7 Calibración del controlador programable de temperatura.

**Tabla 3.2** Parámetros de configuración por el código de acceso

Fun	Descripción	CELSIUS				FARENHEIT			
		Min	Max	Unid	Padrón	Min	Max	Unid	Padrón
F01	Código de acceso: 123	-99	999	-	-	-99	999	-	-
F02	Modo de funcionamiento de controlador	0	2	-	0	0	2	-	0
F03	Diferencial de control (histéresis) en refrigeración	0.1	20.0	°C	1.5	1	36	°F	3
F04	Diferencial de control (histéresis) en calentamiento	0.1	20.0	°C	1.5	1	36	°F	3
F05	Desplazamiento de la indicación de la temperatura ambiente (offset)	-20	20.0	°C	0.0	-36	36	°F	0
F06	Desplazamiento de la indicación de la temperatura del evaporador(offset)	-20	20.1	°C	0.0	-36	37	°F	0
F07	Mínimo setpoint permitido al usuario final	-50	75.0	°C	-50	-58	167	°F	-58
F08	Máximo setpoint permitido al usuario final	-50	75.0	°C	75.0	-58	167	°F	167
F09	Retraso del control al partir (energización)	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F10	Tipo de deshielo (refrigeración)	0	2	-	0	0	2	-	0
F11	Condición para inicio de deshielo (refrigeración)	0	1	-	0	0	1	-	0
F12	Intervalo entre deshielos (refrigeración) <sup>1</sup>	1	999	min.	240	1	999	min.	240
F13	Intervalo entre deshielos (calentamiento)	1	999	min.	240	1	999	min.	240
F14	Tiempo máximo en refrigeración	1	240	hrs	24	1	240	hrs	24
F15	Temperatura en el evaporador para inicio de deshielo (refrigeración) 2	-50	75.0	°C	-5.0	-58	167	°F	23
F16	Tiempo previo de deshielo (refrigeración) 2	0	90	min.	10	0	90	min.	10
F17	Tiempo para recolección del gas en el deshielo (calentamiento/refrigeración)	0	90	min.	0	0	90	min.	0

F18	Deshielo en la puesta en marcha (calentamiento/refrigeración)	0	1	-	0	0	1	-	0
F19	Temperatura en el evaporador (S2) para fin de deshielo (refrigeración) 3	-50	75.0	°C	40.0	-58	167	°F	104
F20	Duración máxima del deshielo (por seguridad) (refrigeración)	0	90	min.	45	0	90	min.	45
F21	Duración del deshielo (calentamiento) 1	0	90	min.	30	0	90	min.	30
F22	Ventilador prendido durante el deshielo (calentamiento/refrigeración)	0	1	-	0	0	1	-	0
F23	Retraso para la realización del 1° deshielo (calentamiento/refrigeración)	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F24	Indicación de temperatura (S1) trabada durante el deshielo (calent/refri)	no	60	min.	0	no	60	min.	0
F25	Tiempo de drenaje (goteo del agua del deshielo) (refrigeración)	0	30	min.	10	0	30	min.	10
F26	Modo de operación del ventilador y compresor tras drenaje	0	1	-	0	0	1	-	0
F27	Temp del evaporador (S2) para retorno del ventilador tras drenaje (fan-delay) 4	-50	75.0	°C	0.0	-58	167	°F	32
F28	Tiempo máximo p/ retorno del ventilador tras drenaje (fan-delay) 4	0	30	min.	1	0	30	min.	1
F29	Tiempo máximo p/ retorno del compresor tras drenaje 5	0	30	min.	0	0	30	min.	0
F30	Modo de operación del ventilador durante refrigeración/calentamiento	0	2	-	0	0	2	-	0
F31	Tiempo de ventilador prendido 6	0	999	min.	2	0	999	min.	2
F32	Tiempo de ventilador apagado 6	0	999	min.	4	0	999	min.	4
F33	Parada del ventilador por temperatura alta en el evaporador	-50	75.0	°C	75.0	-58	167	°F	167
F34	Histéresis para retorno del ventilador (tras parada por temp HT en el evaporador)	0.1	20.0	°C	2.0	1	36	°F	4
F35	Alarma de temperatura ambiente baja 7	-50	75.0	°C	-50	-58	167	°F	-58
F36	Histéresis de alarma de temperatura ambiente baja 7	0.1	20.0	°C	1.0	1	36	°F	4
F37	Alarma de temperatura ambiente alta 7	-50	75.0	°C	75.0	-58	167	°F	167
F38	Histéresis de alarma de temperatura ambiente alta 7	0.1	20.0	°C	1.0	1	36	°F	4
F39	Tiempo de inhibición de la alarma al energizar el instrumento	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F40	Tiempo de inhibición de la alarma tras drenaje	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F41	Tiempo de inhibición de la alarma de puerta abierta	0	99	min.	0	0	99	min.	0
F42	Tiempo de inhibición de la alarma de temperatura baja/alta	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F43	Modo de operación de la entrada digital	0	8	-	0	0	8	-	0
F44	Modo de operación de la salida AUX	0	3	-	0	0	3	-	0
F45	Tiempo de puerta cerrada para apagar la lámpara	0	999	min.	60	0	999	min.	60
F46	Tiempo de puerta cerrada para activar el setpoint nocturno 8	0	999	min.	90	0	999	min.	90
F47	Tiempo mínimo de compresor prendido	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F48	Tiempo mínimo de compresor apagado	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F49	Tiempo de compresor prendido en caso de error en el sensor S1	0	999	min.	20	0	999	min.	20
F50	Tiempo de compresor apagado en caso de error en el sensor S1	0	999	min.	10	0	999	min.	10
F51	Intensidad del filtro digital aplicado al sensor ambiente (S1)	0	9	-	0	0	9	-	0
F52	Tiempo para bloqueo de teclas	14-no	60	seg.	14-no	14-no	60	seg.	14-no
F53	Apagado de las funciones de control	0	2	-	0	0	2	-	0
F54	Dirección en la red RS-485	1	247	-	1	1	247	-	1

Fuente: Full gauge, 2015, p. 1

### **3.8 Pruebas de funcionamiento del equipo**

Una vez instalado el sistema de refrigeración y comprobado que todos elementos de control que funcionen correctamente, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento del banco de conservación.

Las pruebas a realizar consisten en comprobar el tiempo que la cámara frigorífica alcanza una temperatura de 2°C, con carga y sin carga a su vez determinar las temperaturas y presiones para graficar el ciclo termodinámico de operación del sistema de refrigeración para poder determinar todos los parámetros del ciclo real de refrigeración.

Para realizar las pruebas de funcionamiento de la cámara de refrigeración, se utilizó los siguientes instrumentos: termómetro digital y un multímetro.

#### **3.8.1 Termómetro digital**

Los termómetros digitales son aquellos que, valiéndose de dispositivos transductores, utilizan luego circuitos electrónicos para convertir en números las pequeñas variaciones de tensión obtenidas, mostrando finalmente la temperatura en un visualizador.

#### **Especificaciones del termómetro que se utilizó marca (FLUKE IR 68)**

- Puntero láser con una precisión del 1%
- Registro de datos de 12 puntos
- Óptica avanzada para medir objetivos más pequeños y a mayor distancia
- Emisividad ajustable para medidas de temperatura más precisas
- Funciones seleccionables de valores máximos, mínimos, diferenciales y promedio (MAX, MIN, DIF y AVG) que muestran los valores inmediatamente con alarma para valores altos y bajos
- Rango de medidas ampliado hasta 760 °C (1400 °F)
- Sonda opcional disponible para medidas de la temperatura con y sin contacto



**Figura 3.24** Termómetro digital.



**Fuente:** Cede, 2014, p. 1

### **3.8.2 Multímetro**

Un multímetro, también denominado polímetro, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras.

Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. Los hay analógicos y posteriormente se han introducido los digitales cuya función es la misma.

#### **Especificaciones del multímetro que se utilizó marca (TRUPER MUT 202)**

- Voltaje CA (2 – 600) V
- Voltaje CD (200mV - 600V)
- Corriente CA (2 – 400) A
- Resistencia ( $200\Omega$  -  $20M\Omega$ )
- Temperatura (-40 – 1000) °C
- Temperatura (-40 – 1832) °F

### Características

- Medición de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$  /  $^{\circ}\text{F}$ )
- Prueba de diodo
- Zumbador de continuidad y selección automática de escala
- Pantalla de cristal líquido

**Figura 3.25** Multímetro.



**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

#### 4.1 Inversión

La inversión que se realizó, estuvo a cargo de la empresa “REFRICOMSA” y tiene por objeto la recopilación de información técnica para el diseño de cámaras frigoríficas de similares características, de esta forma la empresa se beneficia para poder entregar al cliente las memorias técnicas correspondientes que justifiquen el diseño. Además de poder de esta manera seleccionar los equipos adecuados que tengan una mayor eficiencia y que no se seleccione de manera empírica los mismos, ya que esto implica que se sobre dimensiona tanto equipos como accesorios a utilizar, trayendo como consecuencia el aumento de los costos de montaje y puesta en marcha. Para obtener una correcta inversión se procederá a realizar un correcto diseño y construcción, además de una minuciosa selección del equipo, accesorios y demás elementos estructurales.

#### 4.2 Gastos de personal

Estos rubros, hacen referencia a los gastos de personal requerido para la ejecución del proyecto, es decir la mano de obra calificada y no calificada que se requiere tanto para la etapa de desarrollo y construcción de la cámara frigorífica para conservación de vacunas.

**Tabla 4.1** Costos de personal.

COSTOS DE PERSONAL				
ITEM	DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1	Estudio técnico	2	250.00	\$ 500.00
2	Asesoría	1	100.00	\$ 100.00
3	Montaje de cámara	4	50.00	\$ 200.00
Subtotal gastos personal				\$ 800.00

Elaborado por: Luis Tipán & Nelson Catucuago

### 4.3 Gastos de elementos estructurales

Estos rubros hacen referencia a los gastos de los elementos estructurales para la construcción de la cámara.

**Tabla 4.2** Costos de elementos estructurales.

COSTOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1	Panel frigowall GS mecol 80 mm	m <sup>2</sup>	26	\$ 60.00	\$ 1,560.00
2	Plancha de acero inoxidable e=0,7 mm	Unidad	2	\$ 48.30	\$ 96.60
3	Plancha de acero inoxidable e=0,4 mm	Unidad	1	\$ 32.95	\$ 32.95
4	Corte y dobléz de láminas	Unidad	20	\$ 0.12	\$ 2.40
5	Cuartón de madera (puerta)	Unidad	1	\$ 7.80	\$ 7.80
6	Cemento de contacto	litro	1	\$ 3.50	\$ 3.50
7	Perfil de plástico (marco para puerta)	Unidad	4	\$ 3.20	\$ 12.80
8	Bisagra cámara frigorífica 10" Quality QKH-10	Unidad	2	\$ 28.00	\$ 56.00
9	Cerradura con apertura interior Quality QKL-12	Unidad	1	\$ 46.00	\$ 46.00
10	Remaches 5/32	Unidad	150	\$ 0.03	\$ 4.50
11	Poliuretano (sellar aberturas)	Unidad	1	\$ 14.00	\$ 14.00
<b>Subtotal costos elementos estructurales</b>					<b>\$ 1836.55</b>

**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

### 4.4 Gastos de equipos

En lo que tiene que ver con los gastos de equipos, es necesario indicar que estos rubros son los más representativos ya que comprenden equipos e instrumentos.

**Tabla 4.3** Costos de equipos.

COSTOS DE EQUIPOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1	Unidad condensadora de 1 HP refrigerante R-404-A M/T 208/220V, 60 Hz 1 Ph marca TECUMSEH-BRASIL UTY2446ZEST/UAKL26	Unidad	1	\$ 722.40	\$ 72.,40
2	Evaporador baja silueta A/T 220V (2*12") SMARTBLUE SAA07820N/LAA-078-6	Unidad	1	\$ 632.80	\$ 63.,80
<b>Subtotal costos de equipos</b>					<b>\$ 1355.20</b>

**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

#### 4.5 Costo de accesorios

Este rubro indica todos los gastos de accesorios, necesarios para la instalación adecuada que permitirá el arranque, operación y funcionamiento de acuerdo a los parámetros establecidos de la cámara de refrigeración.

**Tabla 4.4** Costos de accesorios.

COSTOS DE ACCESORIOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1	Válvula solenoide (1.5TR) Rosca 1/4" EV DANFOSS 032F8107	Unidad	1	\$ 63.48	\$ 63.48
2	Bobina para válvula solenoide 220/50-60 Danfoss 018F6264	Unidad	1	\$ 44.80	\$ 44.80
3	Válvula de expansión TEX R-404	Unidad	1	\$ 48.00	\$ 48.00
4	Controlador congelador puerta/alarma (2 S Fullgauge TC-940RiPlus)	Unidad	1	\$ 106.40	\$ 106.40
5	Visor o mirilla de refrigerante	Unidad	1	\$ 20.80	\$ 20.80
6	Filtro deshidratador	Unidad	1	\$ 25.80	\$ 25.80
7	Seleccionador 2 posiciones/22 mm	Unidad	1	\$ 3.90	\$ 3.90
8	Manguera BX PVC 1/2 "	M	6	\$ 2.99	\$ 17.94
9	Conector BX PVC 1/2 "	Unidad	4	\$ 1.40	\$ 5.60
10	Luz electrónica Verde 220V	Unidad	1	\$ 2.47	\$ 2.47
11	Luz electrónica Roja 220V	Unidad	1	\$ 2.47	\$ 2.47
12	Interruptor p/tablero 4p colores	Unidad	1	\$ 2.45	\$ 2.45
13	Base adhesiva p/amarra GR.	Unidad	2	\$ 0.18	\$ 0.36
14	Cable concéntrico 3*14	M	7	\$ 1.92	\$ 13.44
15	Enchufe blindado 3P USA	Unidad	1	\$ 3.90	\$ 3.90
16	Tubería de cobre recocido de 3/8	M	4	\$ 6.00	\$ 24.00
17	Tubería de cobre recocido de 1/16	M	1	\$ 4.50	\$ 4.50
18	Tubería de cobre recocido de 1/4	M	4	\$ 4.50	\$ 18.00
19	Refrigerante R-404a	Lb	24	\$ 7.25	\$ 174.00
<b>Subtotal costos elementos estructurales</b>					<b>\$ 582.31</b>

**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

#### 4.6 Gastos varios

Estos rubros comprenden los gastos misceláneos, de movilización, reproducción de documentos, comunicaciones, libros y suministros de oficina, incluyendo los más significativos.

**Tabla 4.5** Gastos varios.

COSTOS VARIOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1	Teléfono	minuto	250	\$ 0.10	\$ 25.00
2	Internet	hora	200	\$ 0.35	\$ 70.00
3	Transporte	GB	1	\$ 200.00	\$ 200.00
4	Reproducción de documentos	GB	1	\$ 150.00	\$ 150.00
5	Bibliografía libros	GB	1	\$ 150.00	\$ 150.00
6	Gastos de oficina	GB	1	\$ 70.00	\$ 70.00
Subtotal costos elementos estructurales					<b>\$ 665.00</b>

**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

#### 4.7 Gastos generales

Se refiere a los gastos generales de administración del proyecto, o simplemente se indica como un valor de imprevistos. En el estudio, diseño y desarrollo de proyectos, dependiendo del grado de complejidad del mismo, éste valor puede tener un rango de variación del 3% al 10% del rubro del personal, para éste caso se considera un porcentaje del 7% con lo que su cantidad monetaria es de 56 USD.

#### 4.8 Presupuesto total de inversión

En la siguiente tabla se puede observar los valores requeridos para el pago de personal, de elementos estructurales de equipos, accesorios, costos varios y el valor de imprevistos.

**Tabla 4.6** Costo total.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE RUBROS	VALOR TOTAL (USD)
1	Costos personal	\$ 800.00
2	Costo elementos estructurales	\$ 1,836.55
3	Costo equipos	\$ 1,355.20
4	Costo de accesorios	\$ 582.31
5	Costos varios	\$ 665.00
6	Imprevistos	\$ 56.00
Inversión total		<b>\$ 5295.06</b>

**Elaborado por:** Luis Tipán & Nelson Catucuago

## CONCLUSIONES

- La selección de todos los equipos, accesorios y materiales que formaron parte del sistema de refrigeración y el cálculo del proyecto fue realizada de la manera más exacta posible, con información recomendada de la bibliografía que se utilizó y de la experiencia de personas involucradas en el campo.
- En el caso de medicamentos termolábiles, no se puede determinar exactamente la cantidad de producto porque su presentación no es definida y la gran mayoría se encuentra en frascos de vidrio de diferente tamaño por lo tanto las dosis o cantidad de producto varían con cada medicamento.
- En vista que no existen registros de calores específicos de medicamentos termolábiles, se tuvo que utilizar productos similares a estos para realizar el cálculo de cargas y comprobar el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración, teniendo con esto resultados aproximados pero válidos para garantizar que la máquina funciona adecuadamente
- El sistema de control para la medición de parámetros implementado dentro del recinto donde se aplicó el frío, permitió hacer más eficiente el proceso de refrigeración porque se puede programar la temperatura de operación adecuada entre (2 y 8) °C, visualizar la temperatura interior de la cámara y controlar las alarmas que pudieron existir en el proceso de refrigeración.
- Todos los datos establecidos en el proyecto han sido tomados de publicaciones dadas por la norma ASHRAE y para el caso de manipulación de la cadena de frío se ha tomado según la norma HACCP.

## RECOMENDACIONES

- Para realizar el cálculo de carga de refrigeración, inicialmente se debe seleccionar los materiales de paredes y pisos, ya que es importante conocer las características de éstos. En este proyecto de tesis se seleccionó el panel de poliestireno expandido tipo sándwich que se lo puede obtener en el mercado, que no es muy costoso, además que existe una fábrica local en la cual se puede obtener los paneles en el espesor requerido y con dimensiones estándares para la construcción.
- Cuando se esté realizando el diseño de un sistema de refrigeración, se debe tomar en cuenta el producto el cual se va a conservar o congelar, de esta forma se optimizará al máximo todos los recursos
- En cuanto a la construcción hay que tener un presupuesto adicional que cubra todos los costos imprevistos.
- Es necesario hacer un análisis costo/beneficio para definir si este proyecto es atractivo hacia farmacias medianas del país y hacer una propuesta a los principales centros farmacéuticos incluso al ministerio de salud del Ecuador.
- Uno de los errores comunes que se puede encontrar en el diseño de cámaras frigoríficas es el calcular la capacidad del cuarto solo tomando como referencia el tamaño de la cámara y la temperatura de conservación. Esto podría llevar a dos problemas: el sobredimensionar la cámara o lo que sería más crítico que es sub-dimensionarla, donde tendría serios problemas de funcionamiento.
- Las vacunas como la antipolio oral (tipo sabin) y para la tos ferina tienen el periodo más corto de estabilidad con respecto a otras, por esta razón es importante saber el tiempo de estabilidad y qué tipo de vacunas se está conservando para evitar caducarlas por falta de información.



## LISTA DE REFERENCIAS

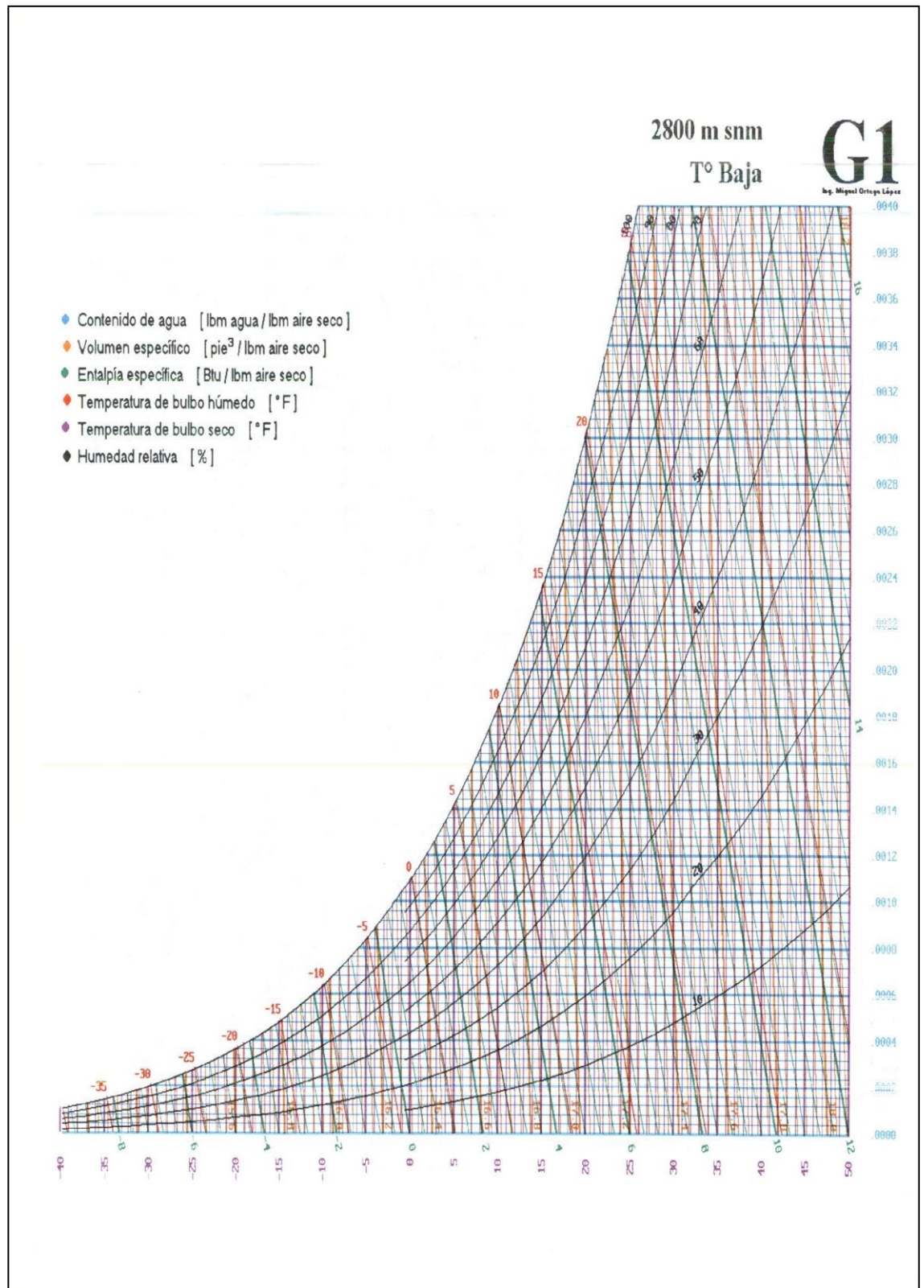
- Arquidry. (2015). *Paneles estructurales aislantes tecnologia isowall*. Recuperado el 7 de Enero de 2015, de [http://www.arquidryweb.com.ar/index.php?action=mostrar\\_catologo&id\\_categoria=24&id=34](http://www.arquidryweb.com.ar/index.php?action=mostrar_catologo&id_categoria=24&id=34)
- Ashrae. (2006). *Refrigeration systems and application*. EE. UU. Tullier Circle.
- Atecyr. (2007). *Guía técnica de diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos*. España. Asociación Técnica Española de Climatización.
- Aucadenas. (2011). *Calculos sobre el ciclo de refrigeracion*. Recuperado el 14 de enero de 2015, de <https://www.scribd.com/doc/68807907/Calculos-Sobre-Ciclo-Frigorifico-Diagram-P>
- Bohn. (2005). *Manual de Ingeniería*. Mexico. UI.
- Cengel. (2006). *Termodinamica*. Mexico. Mc Graw Hill.
- Colaboradores, E. N. (2005). *Manual de Normas Técnico-Administrativas, Métodos y Procedimientos de Vacunación y Vigilancia Epidemiológica del Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI)*. Ecuador.
- Danfoss. (2005). *Reguladores de Presión de Evaporación KVP*. (2, Ed.) Recuperado el 6 de febrero de 2015, de <http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/604FBDEB-9A44-477D-AE69-50C41E41D6DD/0/PFH00A105.pdf>
- Dossat. (2001). *Principios de Refrigeración*. México, D.F. Continental.
- Fernandez, J. (2010). *Diseño de una camara frigorifica*. Recuperado el 5 de enero de 2014, de <https://www.scribd.com/doc/90377174/Diseno-de-Camara-Frigorifica>

- Full gauge. (2015). *Manual de controlador*. Recuperado el 26 de febrero de 2015, de <http://www.fullgauge.com/es/manual-del-producto-11>
- Fundación para el estudio de la infección. (2002). *Guía práctica de vacunas*. Recuperado el 03 de Mayo de 2014, de [http://www.vacunas.net/guia2002/capitulo3\\_1.htm](http://www.vacunas.net/guia2002/capitulo3_1.htm)
- García, J. (2006). *Diseño y construcción de una cámara frigorífica automática de 3 toneladas de capacidad para la congelación de pulpa de fruta para la empresa, el Guayabal*. Ecuador. Tesis de Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica del Ejército.
- Gas Servei. (2013). *Ficha técnica del refrigerante R404-a*. Recuperado el 7 de Marzo de 2014, de <http://www.gas-servei.com/images/Ficha-tecnica-R404A.pdf>
- Gobierno de las Islas Baleares. (2006). *Refrigeración por absorción*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2014, de [http://www.caib.es/conselleries/industria/dgener/user/portaenergia/pla\\_eficiencia\\_energetica/climatitzacio\\_2.es.html](http://www.caib.es/conselleries/industria/dgener/user/portaenergia/pla_eficiencia_energetica/climatitzacio_2.es.html)
- Icer. (2014). *Tablas de saturación R-404a*. Recuperado el 5 de enero de 2015, de [http://www.icer.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=15&Itemid=8](http://www.icer.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Itemid=8)
- Imfia. (2010). *Compresores*. Uruguay: Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Ministerio de salud. (2013). *Norma técnica*. Chile: Gobierno de Chile.
- Muñoz, J. C. (2006). *Preparación y almacenamiento de productos congelados*. Chile. Tesis de Ingeniero Naval, Universidad Austral de Chile.
- National Refrigerants Inc. (2014). *Refrigerants*. Recuperado el 7 de Enero de 2015, de [http://www.refrigerants.com/refrigerants\\_detail.aspx?id=R-404A](http://www.refrigerants.com/refrigerants_detail.aspx?id=R-404A)
- Organización mundial de la salud. (2014). *Vacunas*. Recuperado el 1 de mayo de 2014, de <http://www.who.int/about/es/>

- Ospino, A. (2001). *Aplicaciones de refrigeración*. Colombia. Sena.
- Ramirez, J. (2000). *Enciclopedia de la Refrigeración*. España. Ceac.
- Withman. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*. Mexico. Paraninfo.
- Yajamin, O. (2012). *Diseño e implementación de un módulo didáctico que realice el monitoreo y control de temperatura, para la conservación de medicamentos termolábiles*. Ecuador. Tesis de Ingeniero Electrónico, Escuela Politécnica Nacional.

## ANEXOS

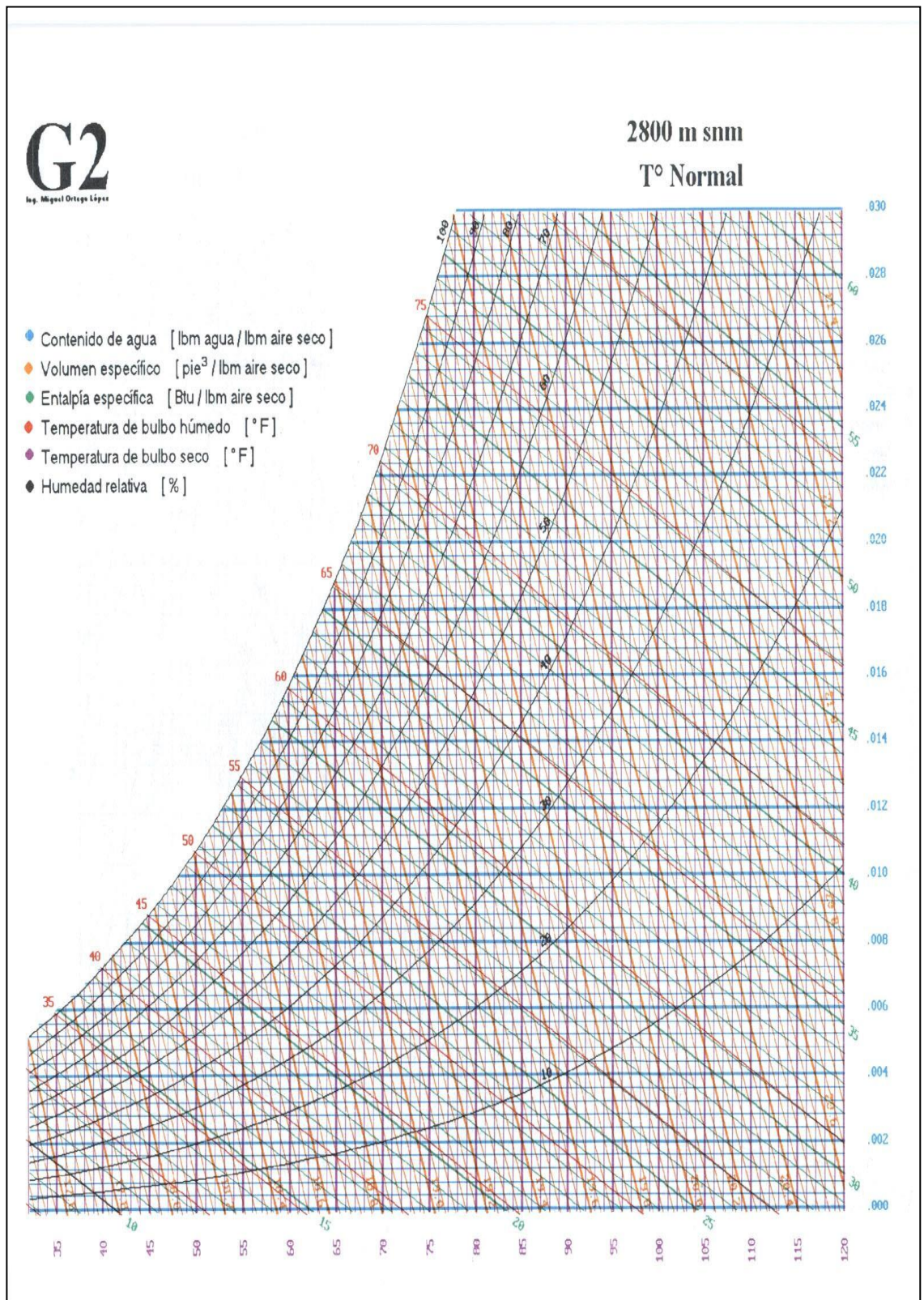
### Anexo 1 Tabla psicrométrica del aire a 2800 m snm temperatura baja



FUENTE: EPN, 1996, p. 27



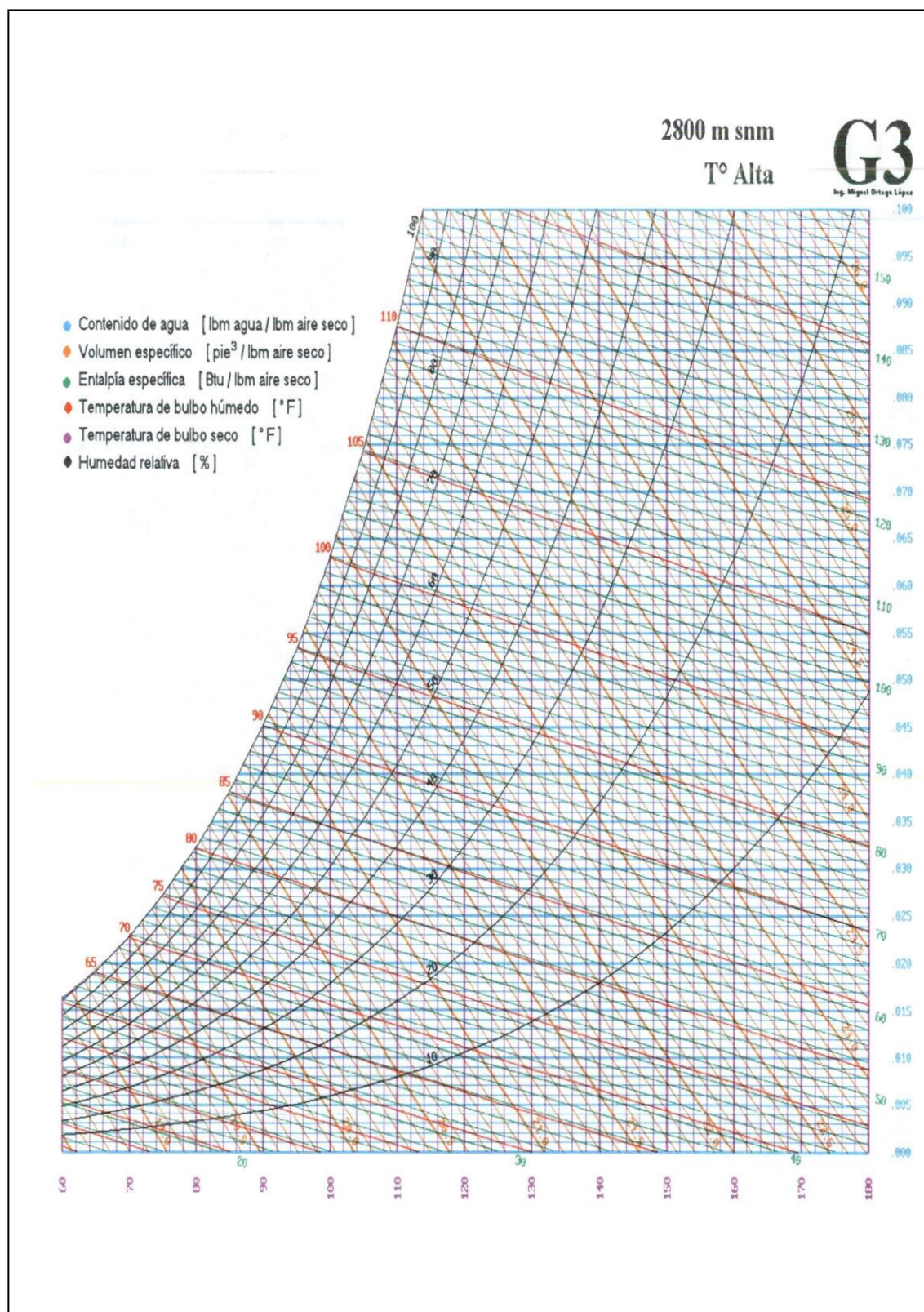
## Anexo 2 Tabla psicrométrica del aire a 2800 m snm temperatura normal



FUENTE: EPN, 1996, p. 28



### Anexo 3 Tablas psicrométrica del aire a 2800 m snm temperatura alta



FUENTE: EPN, 1996, p. 29



## Anexo 4 Tablas de saturación del refrigerante R-404 a



### Tablas de Saturación R-404a

Temp. °C	Presión kPa		Densidad kg/m <sup>3</sup>		Volumen m <sup>3</sup> /kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg K	
	líquido	gas	líquido	gas	líquido	gas	líquido	latente	gas	líquido	gas
-105	1,7976	1,5654	1481,1	0,10961	0,00067516	9,1233	67,24	236,98	304,21	0,39147	1,8093
-104	1,9810	1,7316	1478,1	0,12056	0,00067656	8,2948	68,48	236,32	304,80	0,39885	1,8042
-103	2,1801	1,9126	1475,0	0,13241	0,00067796	7,5525	69,72	235,66	305,38	0,40617	1,7992
-102	2,3960	2,1094	1472,0	0,14521	0,00067936	6,8865	70,96	235,01	305,97	0,41343	1,7943
-101	2,6298	2,3231	1469,0	0,15903	0,00068076	6,288	72,20	234,36	306,56	0,42063	1,7895
-100	2,8827	2,5549	1465,9	0,17393	0,00068216	5,7493	73,43	233,72	307,15	0,42777	1,7849
-99	3,1560	2,8060	1462,9	0,18998	0,00068356	5,2638	74,66	233,08	307,74	0,43486	1,7803
-98	3,4508	3,0775	1459,9	0,20723	0,00068496	4,8255	75,89	232,44	308,33	0,44189	1,7759
-97	3,7686	3,3709	1456,9	0,22576	0,00068637	4,4294	77,12	231,80	308,92	0,44887	1,7716
-96	4,1108	3,6874	1454,0	0,24565	0,00068778	4,0709	78,34	231,18	309,52	0,4558	1,7673
-95	4,4787	4,0286	1451,0	0,26696	0,00068919	3,7459	79,56	230,55	310,11	0,46269	1,7632
-94	4,8741	4,3960	1448,0	0,28977	0,0006906	3,451	80,79	229,92	310,71	0,46953	1,7591
-93	5,2983	4,7910	1445,0	0,31416	0,00069202	3,1831	82,01	229,30	311,31	0,47632	1,7552
-92	5,7531	5,2153	1442,1	0,34022	0,00069344	2,9392	83,23	228,68	311,91	0,48307	1,7513
-91	6,2402	5,6706	1439,1	0,36803	0,00069486	2,7171	84,44	228,07	312,51	0,48977	1,7475
-90	6,7614	6,1586	1436,2	0,39768	0,00069629	2,5146	85,66	227,45	313,11	0,49643	1,7438
-89	7,3184	6,6812	1433,2	0,42926	0,00069772	2,3296	86,88	226,83	313,71	0,50305	1,7402
-88	7,9132	7,2401	1430,3	0,46286	0,00069916	2,1605	88,09	226,22	314,31	0,50964	1,7367
-87	8,5478	7,8375	1427,4	0,49858	0,00070059	2,0057	89,31	225,61	314,92	0,51618	1,7333
-86	9,2242	8,4751	1424,4	0,53651	0,00070204	1,8639	90,52	225,00	315,52	0,52268	1,7299
-85	9,9444	9,1552	1421,5	0,57676	0,00070349	1,7338	91,74	224,39	316,13	0,52915	1,7266
-84	10,7110	9,8799	1418,6	0,61944	0,00070494	1,6144	92,95	223,78	316,73	0,53559	1,7234
-83	11,525	10,651	1415,6	0,66464	0,0007064	1,5046	94,17	223,18	317,34	0,54198	1,7203
-82	12,391	11,472	1412,7	0,71248	0,00070786	1,4035	95,38	222,57	317,95	0,54835	1,7172
-81	13,309	12,344	1409,8	0,76308	0,00070933	1,3105	96,59	221,96	318,55	0,55468	1,7142
-80	14,282	13,270	1406,9	0,81654	0,00071081	1,2247	97,81	221,35	319,16	0,56097	1,7113
-79	15,314	14,252	1403,9	0,87298	0,00071229	1,1455	99,02	220,75	319,77	0,56724	1,7084
-78	16,406	15,293	1401,0	0,93253	0,00071378	1,0723	100,24	220,14	320,38	0,57348	1,7056
-77	17,561	16,396	1398,1	0,99531	0,00071527	1,0047	101,45	219,54	320,99	0,57968	1,7029
-76	18,782	17,563	1395,1	1,0615	0,00071677	0,94211	102,67	218,93	321,60	0,58585	1,7002
-75	20,072	18,797	1392,2	1,1311	0,00071828	0,88411	103,88	218,33	322,21	0,592	1,6976
-74	21,433	20,100	1389,3	1,2043	0,0007198	0,83035	105,10	217,73	322,83	0,59812	1,6951
-73	22,869	21,477	1386,4	1,2813	0,00072132	0,78045	106,31	217,13	323,44	0,6042	1,6926
-72	24,382	22,929	1383,4	1,3622	0,00072285	0,73411	107,53	216,52	324,05	0,61027	1,6902
-71	25,976	24,461	1380,5	1,4471	0,00072439	0,69103	108,75	215,91	324,66	0,6163	1,6878
-70	27,654	26,074	1377,5	1,5362	0,00072593	0,65095	109,97	215,31	325,28	0,62231	1,6855
-69	29,418	27,773	1374,6	1,6296	0,00072748	0,61364	111,19	214,70	325,89	0,62829	1,6832
-68	31,273	29,560	1371,7	1,7275	0,00072905	0,57887	112,41	214,09	326,50	0,63425	1,681
-67	33,221	31,438	1368,7	1,83	0,00073062	0,54645	113,63	213,48	327,11	0,64018	1,6788
-66	35,266	33,412	1365,8	1,9373	0,0007322	0,51618	114,85	212,88	327,73	0,64609	1,6767
-65	37,412	35,485	1362,8	2,0495	0,00073378	0,48792	116,08	212,26	328,34	0,65198	1,6747
-64	39,662	37,660	1359,8	2,1668	0,00073538	0,4615	117,30	211,65	328,95	0,65784	1,6727
-63	42,019	39,941	1356,9	2,2894	0,00073699	0,43679	118,53	211,04	329,57	0,66368	1,6707
-62	44,488	42,332	1353,9	2,4174	0,0007386	0,41366	119,75	210,43	330,18	0,6695	1,6688
-61	47,072	44,836	1350,9	2,551	0,00074023	0,392	120,98	209,81	330,79	0,67529	1,6669
-60	49,774	47,457	1348,0	2,6904	0,00074187	0,37169	122,21	209,19	331,40	0,68107	1,6651
-59	52,600	50,199	1345,0	2,8357	0,00074351	0,35264	123,44	208,58	332,02	0,68682	1,6633
-58	55,553	53,066	1342,0	2,9872	0,00074517	0,33476	124,68	207,95	332,63	0,69255	1,6616
-57	58,636	56,063	1339,0	3,1449	0,00074684	0,31797	125,91	207,33	333,24	0,69826	1,6599
-56	61,854	59,192	1336,0	3,3092	0,00074851	0,30219	127,15	206,70	333,85	0,70396	1,6582

ICER Ingenieros, Refrigeración Industrial  
San Ignacio 351, Bodega J – Quilicura, Stgo. de CHILE  
www.icer.cl | icer@icer.cl | (56 2) 738 57 01



Fuente: Icer, 2014, p. 1





Temp. °C	Presión kPa		Densidad kg/m <sup>3</sup>		Volumen m <sup>3</sup> /kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg K	
	líquido	gas	líquido	gas	líquido	gas	líquido	latente	gas	líquido	gas
-55	65,212	62,459	1333,0	3,4801	0,0007502	0,28735	128,38	206,08	334,46	0,70963	1,6566
-54	68,713	65,868	1330,0	3,6579	0,0007519	0,27338	129,62	205,45	335,07	0,71528	1,655
-53	72,361	69,423	1326,9	3,8428	0,00075362	0,26023	130,86	204,82	335,68	0,72091	1,6535
-52	76,161	73,127	1323,9	4,035	0,00075534	0,24783	132,10	204,19	336,29	0,72653	1,652
-51	80,118	76,987	1320,9	4,2346	0,00075708	0,23615	133,35	203,55	336,90	0,73213	1,6505
-50	84,236	81,005	1317,8	4,4419	0,00075882	0,22513	134,59	202,92	337,51	0,73771	1,6491
-49	88,519	85,188	1314,8	4,657	0,00076058	0,21473	135,84	202,27	338,11	0,74327	1,6477
-48	92,972	89,538	1311,7	4,8803	0,00076236	0,20491	137,09	201,63	338,72	0,74881	1,6463
-47	97,600	94,062	1308,7	5,1119	0,00076414	0,19562	138,34	200,99	339,33	0,75434	1,645
-46	102,410	98,763	1305,6	5,352	0,00076594	0,18685	139,59	200,34	339,93	0,75985	1,6437
-45	107,40	103,65	1302,5	5,6008	0,00076776	0,17855	140,85	199,68	340,53	0,76535	1,6424
-44	112,58	108,72	1299,4	5,8586	0,00076959	0,17069	142,10	199,04	341,14	0,77083	1,6412
-43	117,95	113,98	1296,3	6,1257	0,00077143	0,16325	143,36	198,38	341,74	0,77629	1,64
-42	123,53	119,44	1293,2	6,4022	0,00077328	0,1562	144,62	197,72	342,34	0,78174	1,6388
-41	129,30	125,11	1290,1	6,6883	0,00077515	0,14951	145,89	197,05	342,94	0,78717	1,6377
-40	135,29	130,98	1286,9	6,9844	0,00077704	0,14318	147,15	196,38	343,53	0,79259	1,6365
-39	141,49	137,06	1283,8	7,2907	0,00077894	0,13716	148,42	195,71	344,13	0,79799	1,6355
-38	147,91	143,36	1280,6	7,6074	0,00078086	0,13145	149,69	195,04	344,73	0,80338	1,6344
-37	154,55	149,88	1277,5	7,9348	0,00078279	0,12603	150,96	194,36	345,32	0,80876	1,6333
-36	161,42	156,63	1274,3	8,2731	0,00078474	0,12087	152,23	193,68	345,91	0,81412	1,6323
-35	168,53	163,62	1271,1	8,6227	0,00078671	0,11597	153,51	193,00	346,51	0,81947	1,6313
-34	175,88	170,84	1267,9	8,9837	0,00078869	0,11131	154,79	192,31	347,10	0,8248	1,6304
-33	183,47	178,31	1264,7	9,3565	0,00079069	0,10688	156,07	191,61	347,68	0,83012	1,6294
-32	191,31	186,03	1261,5	9,7413	0,00079271	0,10266	157,35	190,92	348,27	0,83543	1,6285
-31	199,42	194,00	1258,3	10,138	0,00079475	0,098634	158,64	190,22	348,86	0,84073	1,6276
-30	207,78	202,23	1255,0	10,548	0,0007968	0,094802	159,93	189,51	349,44	0,84601	1,6267
-29	216,41	210,73	1251,8	10,971	0,00079887	0,09115	161,22	188,80	350,02	0,85128	1,6259
-28	225,32	219,51	1248,5	11,407	0,00080097	0,087667	162,52	188,08	350,60	0,85654	1,625
-27	234,50	228,56	1245,2	11,856	0,00080308	0,084343	163,81	187,37	351,18	0,86179	1,6242
-26	243,97	237,89	1241,9	12,32	0,00080521	0,081171	165,11	186,64	351,75	0,86703	1,6234
-25	253,73	247,52	1238,6	12,797	0,00080737	0,078143	166,41	185,92	352,33	0,87225	1,6226
-24	263,79	257,44	1235,3	13,289	0,00080954	0,07525	167,72	185,18	352,90	0,87747	1,6219
-23	274,15	267,66	1231,9	13,796	0,00081174	0,072485	169,03	184,44	353,47	0,88267	1,6211
-22	284,81	278,19	1228,6	14,318	0,00081396	0,069843	170,34	183,70	354,04	0,88787	1,6204
-21	295,80	289,03	1225,2	14,855	0,0008162	0,067315	171,65	182,95	354,60	0,89305	1,6197
-20	307,10	300,19	1221,8	15,409	0,00081846	0,064897	172,97	182,19	355,16	0,89822	1,619
-19	318,73	311,68	1218,4	15,979	0,00082075	0,062583	174,29	181,43	355,72	0,90339	1,6183
-18	330,69	323,50	1215,0	16,565	0,00082306	0,060368	175,61	180,67	356,28	0,90854	1,6177
-17	343,00	335,66	1211,5	17,169	0,0008254	0,058246	176,93	179,91	356,84	0,91369	1,617
-16	355,64	348,16	1208,1	17,789	0,00082776	0,056213	178,26	179,13	357,39	0,91883	1,6164
-15	368,64	361,01	1204,6	18,428	0,00083015	0,054265	179,60	178,34	357,94	0,92395	1,62
-14	382,00	374,22	1201,1	19,085	0,00083256	0,052397	180,93	177,56	358,49	0,92907	1,6152
-13	395,72	387,80	1197,6	19,761	0,000835	0,050605	182,27	176,76	359,03	0,93419	1,6146
-12	409,81	401,74	1194,1	20,456	0,00083747	0,048886	183,61	175,97	359,58	0,93929	1,614
-11	424,28	416,06	1190,5	21,17	0,00083997	0,047236	184,96	175,15	360,11	0,94439	1,6134
-10	439,13	430,76	1186,9	21,905	0,0008425	0,045652	186,31	174,34	360,65	0,94947	1,6129
-9	454,37	445,86	1183,4	22,66	0,00084505	0,044131	187,66	173,52	361,18	0,95456	1,6123
-8	470,01	461,35	1179,7	23,436	0,00084764	0,04267	189,01	172,70	361,71	0,95963	1,6118
-7	486,05	477,24	1176,1	24,233	0,00085026	0,041265	190,37	171,87	362,24	0,9647	1,6113
-6	502,50	493,54	1172,5	25,053	0,00085291	0,039915	191,74	171,02	362,76	0,96976	1,6107

ICER Ingenieros, Refrigeración Industrial  
San Ignacio 351, Bodega J - Quilicura, Stgo. de CHILE  
www.icer.cl | icer@icer.cl | (56 2) 738 57 01



Fuente: Icer, 2014, p. 2





Temp. °C	Presión kPa		Densidad kg/m <sup>3</sup>		Volumen m <sup>3</sup> /kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg K	
	líquido	gas	líquido	gas	líquido	gas	líquido	latente	gas	líquido	gas
-5	519,37	510,26	1168,8	25,895	0,0008556	0,038617	193,10	170,18	363,28	0,97481	1,6102
-4	536,66	527,40	1165,1	26,761	0,00085832	0,037368	194,48	169,32	363,80	0,97986	1,6097
-3	554,38	544,97	1161,3	27,65	0,00086107	0,036167	195,85	168,46	364,31	0,9849	1,6092
-2	572,54	562,98	1157,6	28,563	0,00086386	0,03501	197,23	167,59	364,82	0,98994	1,6087
-1	591,14	581,43	1153,8	29,502	0,00086669	0,033896	198,61	166,71	365,32	0,99497	1,6082
0	610,19	600,33	1150,0	30,465	0,00086956	0,032824	200,00	165,82	365,82	1,00	1,6078
1	629,70	619,69	1146,2	31,456	0,00087246	0,031791	201,39	164,93	366,32	1,005	1,6073
2	649,68	639,52	1142,3	32,473	0,00087541	0,030795	202,79	164,02	366,81	1,01	1,6068
3	670,13	659,82	1138,4	33,517	0,00087839	0,029836	204,19	163,10	367,29	1,0151	1,6064
4	691,06	680,59	1134,5	34,59	0,00088142	0,02891	205,59	162,19	367,78	1,0201	1,6059
5	712,47	701,86	1130,6	35,692	0,00088449	0,028018	207,00	161,25	368,25	1,0251	1,6054
6	734,38	723,62	1126,6	36,823	0,00088761	0,027157	208,41	160,32	368,73	1,0301	1,605
7	756,79	745,88	1122,6	37,985	0,00089078	0,026326	209,83	159,37	369,20	1,0351	1,6045
8	779,71	768,65	1118,6	39,179	0,00089399	0,025524	211,26	158,40	369,66	1,0401	1,6041
9	803,14	791,94	1114,5	40,405	0,00089725	0,024749	212,68	157,44	370,12	1,0451	1,6036
10	827,10	815,75	1110,4	41,664	0,00090057	0,024002	214,12	156,45	370,57	1,0501	1,6032
11	851,59	840,09	1106,3	42,957	0,00090394	0,023279	215,56	155,45	371,01	1,0551	1,6027
12	876,61	864,97	1102,1	44,286	0,00090736	0,022581	217,00	154,45	371,45	1,06	1,6023
13	902,19	890,40	1097,9	45,65	0,00091084	0,021906	218,45	153,44	371,89	1,065	1,6018
14	928,32	916,39	1093,6	47,052	0,00091437	0,021253	219,90	152,42	372,32	1,07	1,6013
15	955,01	942,94	1089,4	48,491	0,00091797	0,020622	221,36	151,38	372,74	1,075	1,6009
16	982,27	970,06	1085,0	49,971	0,00092163	0,020012	222,83	150,32	373,15	1,08	1,6004
17	1010,10	997,76	1080,7	51,49	0,00092536	0,019421	224,30	149,26	373,56	1,085	1,5999
18	1038,50	1026,00	1076,3	53,052	0,00092915	0,018849	225,78	148,18	373,96	1,09	1,5994
19	1067,50	1054,90	1071,8	54,657	0,00093301	0,018296	227,26	147,10	374,36	1,095	1,5989
20	1097,20	1084,40	1067,3	56,306	0,00093695	0,01776	228,75	145,99	374,74	1,1	1,5984
21	1127,40	1114,50	1062,7	58,002	0,00094096	0,017241	230,25	144,87	375,12	1,105	1,5979
22	1158,20	1145,20	1058,2	59,744	0,00094504	0,016738	231,75	143,74	375,49	1,11	1,5974
23	1189,70	1176,60	1053,5	61,536	0,00094921	0,016251	233,26	142,59	375,85	1,115	1,5969
24	1221,80	1208,60	1048,8	63,379	0,00095346	0,015778	234,77	141,44	376,21	1,12	1,5964
25	1254,60	1241,20	1044,1	65,274	0,00095781	0,01532	236,30	140,25	376,55	1,125	1,5958
26	1288,00	1274,50	1039,2	67,223	0,00096224	0,014876	237,83	139,06	376,89	1,13	1,5953
27	1322,10	1308,40	1034,4	69,229	0,00096677	0,014445	239,37	137,85	377,22	1,1351	1,5947
28	1356,80	1343,10	1029,5	71,293	0,00097139	0,014027	240,91	136,62	377,53	1,1401	1,5941
29	1392,20	1378,40	1024,5	73,418	0,00097612	0,013621	242,47	135,37	377,84	1,1451	1,5935
30	1428,30	1414,40	1019,4	75,605	0,00098096	0,013227	244,03	134,11	378,14	1,1502	1,5929
31	1465,10	1451,10	1014,3	77,858	0,00098592	0,012844	245,60	132,82	378,42	1,1552	1,5923
32	1502,70	1488,50	1009,1	80,179	0,00099099	0,012472	247,18	131,52	378,70	1,1603	1,5916
33	1540,90	1526,60	1003,8	82,57	0,00099619	0,012111	248,77	130,19	378,96	1,1654	1,5909
34	1579,80	1565,50	998,5	85,035	0,0010015	0,01176	250,37	128,84	379,21	1,1704	1,5903
35	1619,50	1605,10	993,1	87,577	0,001007	0,011418	251,97	127,48	379,45	1,1755	1,5895
36	1660,00	1645,50	987,6	90,2	0,0010126	0,011087	253,59	126,09	379,68	1,1806	1,5888
37	1701,20	1686,60	982,0	92,906	0,0010184	0,010764	255,22	124,67	379,89	1,1858	1,588
38	1743,10	1728,50	976,3	95,7	0,0010243	0,010449	256,86	123,22	380,08	1,1909	1,5872
39	1785,90	1771,20	970,5	98,586	0,0010304	0,010143	258,51	121,75	380,26	1,1961	1,5864
40	1829,40	1814,60	964,7	101,57	0,0010366	0,0098456	260,17	120,26	380,43	1,2012	1,5855
41	1873,70	1858,90	958,7	104,65	0,0010431	0,0095555	261,85	118,73	380,58	1,2064	1,5846
42	1918,90	1904,00	952,6	107,84	0,0010498	0,0092728	263,53	117,18	380,71	1,2116	1,5837
43	1964,80	1949,90	946,4	111,15	0,0010567	0,0089972	265,23	115,59	380,82	1,2169	1,5827
44	2011,60	1996,70	940,1	114,57	0,0010638	0,0087284	266,95	113,97	380,92	1,2221	1,5817

ICER Ingenieros, Refrigeración Industrial  
San Ignacio 351, Bodega J - Quilicura, Stgo. de CHILE  
www.icer.cl | icer@icer.cl | (56 2) 738 57 01



Fuente: Icer, 2014, p. 3



Temp. °C	Presión kPa		Densidad kg/m <sup>3</sup>		Volumen m <sup>3</sup> /kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg K	
	líquido	gas	líquido	gas	líquido	gas	líquido	latente	gas	líquido	gas
45	2059,30	2044,30	933,6	118,12	0,0010711	0,0084663	268,68	112,31	380,99	1,2274	1,5807
46	2107,80	2092,80	927,0	121,8	0,0010787	0,0082104	270,42	110,63	381,05	1,2327	1,5796
47	2157,20	2142,20	920,3	125,62	0,0010866	0,0079605	272,18	108,90	381,08	1,2381	1,5784
48	2207,40	2192,40	913,4	129,59	0,0010949	0,0077164	273,96	107,12	381,08	1,2434	1,5772
49	2258,60	2243,60	906,3	133,73	0,0011034	0,0074778	275,76	105,30	381,06	1,2488	1,5759
50	2310,60	2295,70	899,1	138,04	0,0011123	0,0072444	277,57	103,44	381,01	1,2543	1,5746
51	2363,60	2348,70	891,7	142,53	0,0011215	0,007016	279,41	101,52	380,93	1,2598	1,5732
52	2417,50	2402,70	884,0	147,22	0,0011312	0,0067924	281,27	99,55	380,82	1,2653	1,5717
53	2472,40	2457,70	876,2	152,13	0,0011413	0,0065732	283,15	97,53	380,68	1,2709	1,5701
54	2528,30	2513,60	868,1	157,28	0,001152	0,0063582	285,06	95,44	380,50	1,2766	1,5685
55	2585,10	2570,50	859,7	162,68	0,0011632	0,0061471	286,99	93,29	380,28	1,2823	1,5667
56	2643,00	2628,50	851,1	168,36	0,001175	0,0059396	288,96	91,05	380,01	1,288	1,5648
57	2701,90	2687,50	842,1	174,35	0,0011875	0,0057355	290,95	88,74	379,69	1,2939	1,5628
58	2761,80	2747,60	832,8	180,69	0,0012007	0,0055343	292,99	86,33	379,32	1,2998	1,5607
59	2822,80	2808,80	823,1	187,41	0,0012149	0,0053359	295,06	83,83	378,89	1,3059	1,5584
60	2884,90	2871,10	813,0	194,57	0,00123	0,0051396	297,18	81,22	378,40	1,312	1,5559
61	2948,10	2934,50	802,4	202,22	0,0012463	0,0049452	299,35	78,47	377,82	1,3183	1,5532
62	3012,40	2999,10	791,2	210,43	0,0012639	0,0047521	301,58	75,58	377,16	1,3247	1,5503
63	3077,90	3064,90	779,3	219,32	0,0012832	0,0045596	303,87	72,53	376,40	1,3313	1,5471
64	3144,60	3132,00	766,6	228,99	0,0013044	0,004367	306,24	69,27	375,51	1,338	1,5436
65	3212,60	3200,40	753,0	239,62	0,001328	0,0041733	308,71	65,77	374,48	1,3451	1,5397
66	3281,80	3270,10	738,2	251,43	0,0013547	0,0039772	311,30	61,97	373,27	1,3525	1,5353
67	3352,30	3341,20	721,8	264,78	0,0013854	0,0037767	314,04	57,80	371,84	1,3602	1,5302
68	3424,20	3413,80	703,3	280,19	0,0014218	0,003569	316,98	53,11	370,09	1,3686	1,5243
69	3497,60	3488,00	681,8	298,59	0,0014667	0,003349	320,22	47,69	367,91	1,3778	1,5172
70	3572,50	3564,00	655,3	321,83	0,0015259	0,0031072	323,96	41,08	365,04	1,3883	1,5081

Fuente: Icer, 2014, p. 4



## Anexo 5 Ficha Técnica del refrigerante R-404a

gas-servei,s.a.

# FICHA TECNICA R404A

El R404A es una mezcla ternaria compuesta por R125, R143a y R134a. Sus características termodinámicas lo constituyen como el *sustituto ideal del R502 para el sector de la refrigeración en nuevas instalaciones para bajas y medias temperaturas*. El R404A se caracteriza por su notable estabilidad química y de un bajo deslizamiento de temperatura (Glide), de 0,5°C.

Su principal aplicación son las instalaciones nuevas para bajas y medias temperaturas.

También existe la posibilidad de reconvertir una instalación de R502 a R404A, *eliminando el 95% del aceite mineral o alquilbencénico original, por un aceite polioléster. Es necesario cambiar el filtro secador (recomendable tamiz molecular XH9 y XH7),*

*la válvula de expansión por una de R404A, y sobredimensionar el condensador.*

El R404A es una mezcla de refrigerantes a base de HFC, los cuales no son compatibles con los lubricantes tradicionales que trabajaban con R502. *El único lubricante idóneo para utilizar con el R404A es el aceite polioléster(POE).*

### Toxicidad y almacenamiento:

El R404A es muy poco tóxico incluso con exposiciones prolongadas de tiempo. El AEL (Allowable Exposure Limit) es de 1000 ppm (8 horas, TWA). Los envases del R404A deben almacenarse en lugares frescos y ventilados lejos de fuentes de calor. *Los vapores, en caso de fuga tienden a acumularse a nivel del suelo.*

PROPIEDADES FISICAS		R404A
Mezcla Ternaria		R125 / R143A / R134A
Composición	(%)	44 / 52 / 4
Peso molecular	(Kg/Kmol)	97.61
Temperatura ebullición a (1,013 bar)	(°C)	-46.7
Deslizamiento (Glide)	(°C)	0.5
Temperatura crítica	(°C)	73
Presión crítica	(bar)	37.35
Densidad crítica	(Kg/m³)	485
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/l)	1.05
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/l)	1.24
Densidad del vapor	(Kg/m³)	5.3
Tensión del vapor (25°C)	(bar)	12.8
Tensión del vapor (-25°C)	(bar)	2.8
Calor latente de evaporación	(KJ/Kg)	199
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mK)	0.064
Conductibilidad térmica del vapor (1,013 bar)	(W/mK)	0.0143
Solubilidad con el agua (25°C)	(ppm)	650
Límite de inflamabilidad (25°C)	(% vol)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	(ppm)	1000
ODP		0

### Comparativa de rendimientos entre el R404A y el R502

Las propiedades termodinámicas del R404A son muy similares a las del R502, esto queda evidenciado en el siguiente ejemplo:

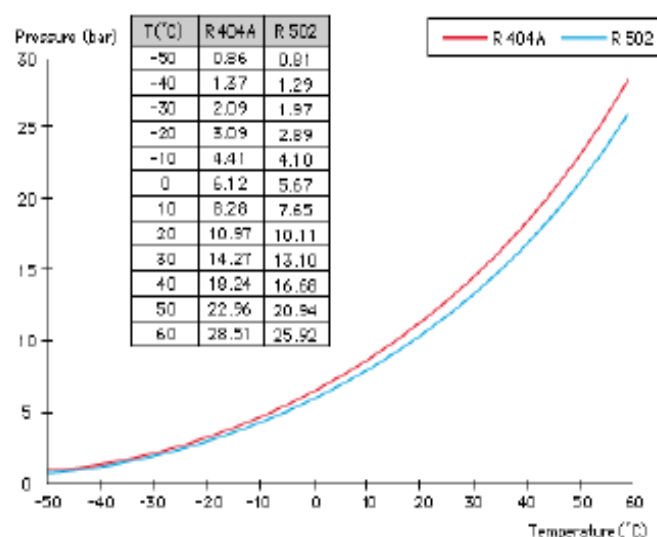
Las condiciones operativas simulan un ciclo real a media temperatura, típico de la refrigeración comercial.

1. Temperatura a la entrada del Evaporador: -25°C
2. Temperatura a la entrada del Condensador: 45°C
3. Subenfriamiento: 5°C

4. Sobrecalentamiento: 45°C
5. Coeficiente de Compresión Isoentrópica: 1

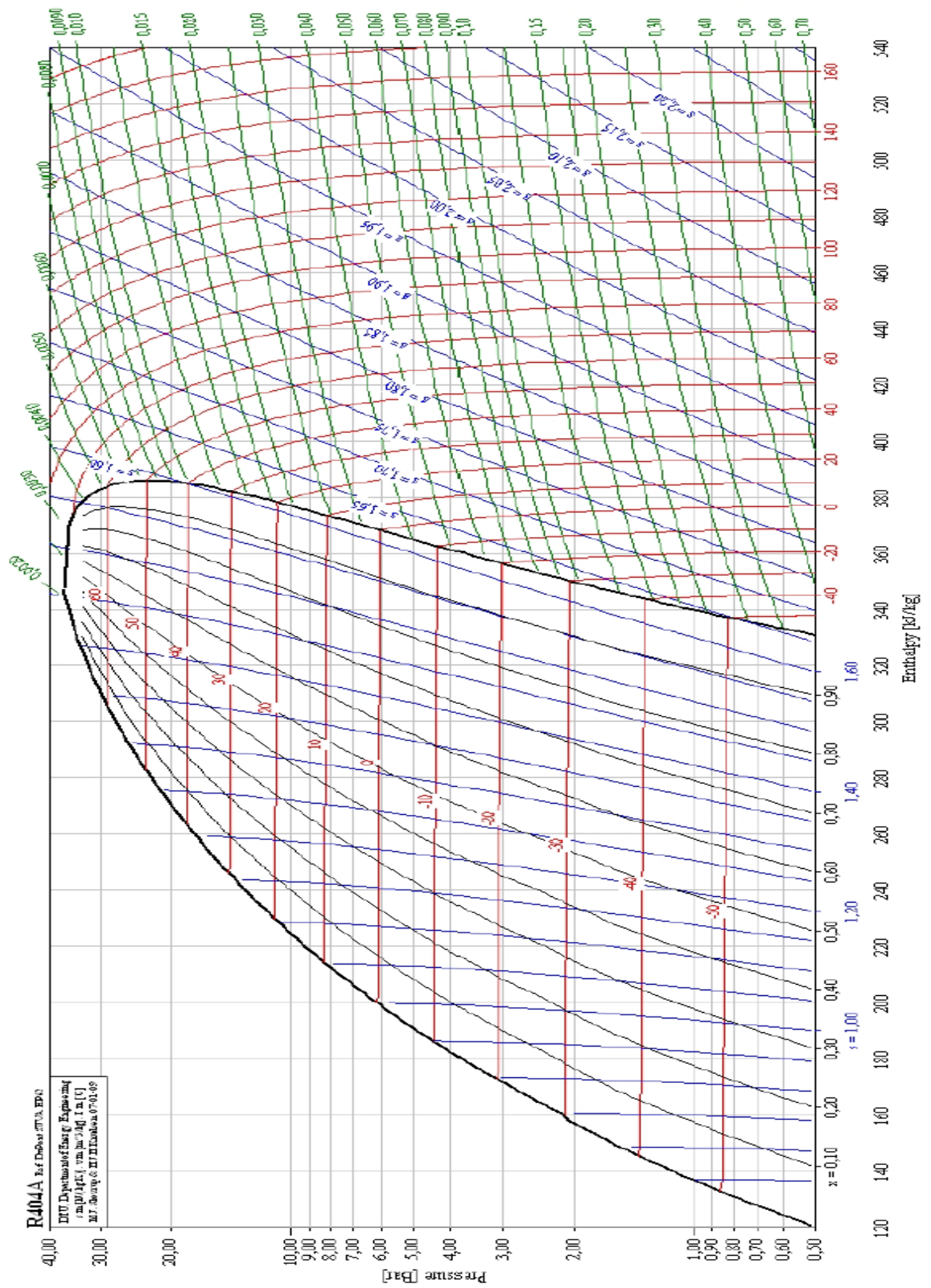
Ejemplo de un ciclo de refrigeración comercial		R404A	R502
Presión de evaporación	(bar)	2.54	2.4
Presión de condensación	(bar)	20.36	18.72
Trabajo de compresión		8	7.8
Temperatura de descarga	(°C)	95	102
COP		1.8	1.9
Capacidad neta de refrigeración	(KJ/Kg)	97	95
Capacidad volumétrica de refrig.	(KJ/Kg)	1027	1039
Temperatura deslizamiento (evap.)	(°C)	0.5	0
Temperatura deslizamiento (cond.)	(°C)	0.3	0

**Gráfica comparativa temperatura/presión del R502- R404A**



TEMP. (°C)	PRESION ABSOLUTA (bar)		DENSIDAD (Kg/m³)		ENTALPIA (kJ/Kg)		ENTROPIA (kJ/Kg.K)	
	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO
-50	0.85	0.82	1319.99	4.49	135.68	337.63	0.8120	1.7191
-45	1.09	1.05	1304.99	5.64	141.64	340.80	0.8384	1.7131
-40	1.36	1.32	1289.70	7.01	147.68	343.95	0.8644	1.7079
-35	1.70	1.65	1274.09	8.62	153.79	347.07	0.8902	1.7034
-30	2.09	2.04	1258.12	10.52	159.97	350.15	0.9158	1.6993
-25	2.55	2.49	1241.76	12.73	166.24	353.18	0.9412	1.6958
-20	3.08	3.01	1224.97	15.30	172.60	356.16	0.9664	1.6926
-15	3.70	3.62	1207.70	18.25	179.04	359.07	0.9914	1.6898
-10	4.40	4.32	1189.90	21.66	185.57	361.90	1.0162	1.6873
-5	5.20	5.11	1171.52	25.55	192.20	364.65	1.0409	1.6849
0	6.11	6.01	1152.51	30.00	198.92	367.31	1.0655	1.6827
5	7.13	7.03	1132.78	35.07	205.76	369.86	1.0899	1.6806
10	8.28	8.16	1112.27	40.38	212.70	372.28	1.1143	1.6765
15	9.55	9.43	1090.89	47.38	219.77	374.57	1.1387	1.6743
20	10.97	10.84	1068.53	54.82	226.97	376.71	1.1630	1.6720
25	12.54	12.40	1045.08	63.28	234.32	378.68	1.1873	1.6695
30	14.25	14.12	1020.38	72.89	241.82	380.47	1.2117	1.6667
35	16.16	16.01	994.26	83.86	249.50	382.03	1.2362	1.6636
40	18.23	18.08	966.50	96.39	257.39	383.35	1.2609	1.6611
45	20.49	20.34	936.81	110.80	265.51	384.38	1.2859	1.6595
50	22.95	22.80	904.81	127.46	273.91	385.08	1.3113	1.6556

## Anexo 6 Diagrama p-h del Refrigerante R-404a



## Anexo 7 Datos técnicos de unidades condensadoras

### UNIDADES CONDENSADORAS 50Hz | Tabla de Aplicación

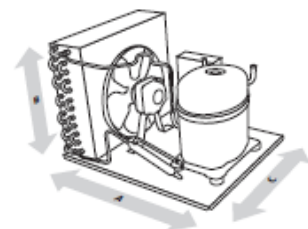
Gas Refrigerante Refrigerant	Referencia Comercial Commercial Reference	Modelo del Compresor Compressor Model	Capacidad Frigorífica Cooling Capacity M-HBP								Desplazamiento Displacement	Unidades Dimensionales Dimensional Units (mm)			
			-15°C		-6,7°C		0°C		7,2°C			cm³/rev	A	B	C
			Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h					
R-12	1/3	UAE4430AS (T)	1040	305	1484	435	1860	545	2304	675	8.85	380	230	300	
	1/3+	UAE4440AS (T)	1367	400	1866	546	2332	683	2956	866	12.04	410	230	320	
	1/2	UAE4448AS (T)	1682	493	2382	698	2958	866	3576	1047	14.17	410	280	320	
	2/3	UAKM19AS (T)	1692	495	2658	778	3555	1041	4705	1378	14.17	410	280	320	
	7/8	UAKM26AS (T)	2840	832	4080	1195	5164	1512	6360	1862	18.60	410	280	320	
R-134a	1/3+	UTP9419YS (T)	1251	366	1795	526	2314	678	2961	867	9.76	410	230	320	
	1/3	UTP9421YS (T)	1525	447	2105	616	2686	786	3433	1005	10.87	410	230	320	
	1/2+	UTP9423YS (T)	1693	496	2469	723	3105	909	3811	1116	12.48	410	230	320	
	1/3	UAE4430YS (T)	1089	319	1532	449	1954	572	2464	722	8.85	380	230	300	
	1/3+	UAE4440YS (T)	1480	433	2071	606	2681	785	3431	1005	12.04	410	230	320	
	1/2	UAE4448YS (T)	1697	497	2444	716	3141	920	3977	1165	14.17	410	280	320	
	1/2+	UTY4452YS (T)	1970	577	2818	825	3585	1050	4510	1321	16.00	510	280	368	
	2/3	UTY4466YS (T)	2467	723	3838	1124	5067	1484	5658	1657	18.80	510	280	368	
	3/4	UTY4475YS (T)	2519	738	3604	1055	4585	1343	5769	1689	22.30	510	280	368	
	7/8	UTY4489YS (T)	2840	832	4080	1195	5164	1512	6360	1862	26.00	510	280	368	
R-22	1/3	UAE9415ES (T)	1131	331	1534	449	2135	625	2469	723	5.67	410	230	320	
	1/3+	UAE9422ES (T)	1409	413	2049	600	2630	770	3381	990	7.57	410	280	320	
	1/2+	UAE9430ES (T)	1713	502	2064	604	2332	683	3700	1083	8.85	410	280	320	
	2/3	UAE9440ES (T)	2136	625	3060	896	3848	1127	5000	1464	-	-	-	-	
	7/8	UTY9448ES (T)	2819	825	3970	1163	5114	1498	6576	1926	16.00	490	330	407	
	1	UTY9455ES (T)	3049	893	4506	1319	5838	1710	7126	2087	18.80	490	330	407	
	1 1/4	UTY9467ES (T)	3585	1050	5110	1497	6794	1989	8722	2553	22.30	490	330	700	
	1 1/3	UTY9474ES (T)	4926	1442	6502	1904	8319	2436	10665	3123	26.00	490	330	700	
	1/3+	UAE9430ZS (T)	1595	467	1803	528	2035	596	2329	682	7.57	410	280	320	
	1/2+	UAE9430ZS (T)	1762	516	2131	624	2459	720	2869	840	10.10	410	280	320	
R-404A	2/3	UAE9440ZS (T)	2397	702	2858	837	3281	961	3797	1112	13.24	410	280	320	
	1	UTY9456ZS (T)	2978	872	3702	1084	4385	1284	5191	1520	18.80	510	280	368	
	1 1/4	UTY9472ZS (T)	3347	980	4139	1212	4781	1400	5628	1648	22.30	510	280	368	
	1 1/3	UTY9486ZS (T)	3838	1124	4822	1412	5724	1676	6816	1996	26.00	510	280	368	

Gas Refrigerante Refrigerant	Referencia Comercial Commercial Reference	Modelo del Compresor Compressor Model	Capacidad Frigorífica Cooling Capacity LBP								Desplazamiento Displacement	Unidades Dimensionales Dimensional Units (mm)			
			-34,4°C		-23,3°C		-17,8°C		-12,2°C			cm³/rev	A	B	C
			Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h					
R-12	1/3	UAE2410AS (T)	408	119	716	210	995	291	1345	394	12.04	380	215	300	
	1/3+	UAE2413AS (T)	566	166	955	280	1193	349	1574	461	14.17	410	215	320	
	1/2	UAE2415AS (T)	670	196	1184	347	1532	449	1915	561	16.08	410	215	320	
	1/2+	UAKL19AS (T)	640	187	1189	348	1591	466	1984	581	18.80	510	267	368	
	3/4	UAKL26AS (T)	770	225	1557	456	2057	602	2565	751	26.00	510	267	368	
R-134a	1/3	UTPH1410YS (T)	487	143	902	264	1170	343	1480	433	8.37	446	287	286	
	1/3+	UTPH1413YS (T)	580	170	1075	315	1395	408	1719	503	10.86	446	287	286	
	1/2	UTPH1415YS (T)	641	188	1189	348	1542	452	1951	571	12.52	446	287	286	
R-404A	1	UTY2431ZS (T)	1087	318	2749	805	3597	1053	4675	1369	18.80	510	280	368	
	1 1/4	UTY2438ZS (T)	2344	686	3067	898	3869	1133	5712	1673	22.30	510	280	368	
	1 1/2	UTY2446ZS (T)	2180	638	3786	1109	4214	1234	4900	1435	26.00	510	280	368	

Las Unidades Condensadoras señaladas con la (T) pueden ser adquiridas con o sin el tanque de líquido.

#### Temperatura de Evaporación Evaporating Temperature

LBP	-23,3°C
MBP-CBP	-6,7°C
HBP - A/C	7,2°C



## Anexo 8 Datos técnicos de compresores

### COMPRESORES LBP | Tabla de Aplicación

Gas Refrigerante Refrigerant	Modelo del Compresor Compressor Model	Listado de Materiales Bill of Materials	Referencia Comercial Commercial Reference	Desplazamiento Displacement	50 Hz (ASHRAE)		60 Hz (ASHRAE)	
					Capacidad Frigorífica Cooling Capacity -23,3°C (-10°F)	C.O.P.	Capacidad Frigorífica Cooling Capacity -23,3°C (-10°F)	E.E.R.
				cm³/rev	W	W/W	Btu/h	Btu/Wh
R-134a	THB1324Y	TH324	1/14	2,72	62	0,93	250	3,47
	THG1330Y	TH261	1/10+	3,14	84	1,10	320	4,00
	THG1335Y	TH251	1/8	3,40	92	1,12	370	4,11
	THG1340Y	TH201	1/8+	3,79	104	1,21	425	4,25
	THG1346Y	TH211	1/6	4,23	117	1,12	475	4,20
	THG1352Y	TH221	1/6+	5,01	135	1,20	525	4,37
	THG1358Y	TH231	1/5	5,60	154	1,17	600	4,17
	THG1365Y	TH241	1/5	5,90	167	1,16	640	4,27
	TSB1355Y	TS304	1/5	4,59	140	1,61	610	5,42
	TSB1360Y	TS305	1/5	5,23	149	1,53	640	5,11
	TPH1380Y	TP152	1/5+	6,53	204	1,40	880	5,18
	THG1374Y	TH271	1/4	6,95	192	1,28	760	4,20
	TSB1374Y	TS306	1/4	5,65	167	1,37	700	5,04
	TSB1380Y	TS307	1/4	6,53	191	1,49	820	5,36
	TSB1390Y	TS308	1/3	7,28	215	1,35	930	5,10
R-600a	TPH1410Y	TP154	1/3	8,37	270	1,40	1100	4,66
	TPH1413Y	TP155	1/3+	10,86	315	1,29	1275	4,65
	TPH1415Y	TP156	1/2	12,52	363	1,34	1450	4,75
	AZA1330M	AZ526	1/10	5,59	91	1,00	310	3,83
	TSB1335M	TS406	1/8	5,65	91	1,65	365	5,02
	THG1345M	TH671	1/8+	6,96	108	1,12	430	4,39
	TSB1340M	TS404	1/7	6,53	111	1,59	410	5,07
	TSB1345M	TS407	1/6	7,28	123	1,58	500	5,21
	THG1355M	TH681	1/5	8,20	138	1,35	-	-
	TSB1355M	TS408	1/5	8,36	141	1,65	580	5,69
R-12 / Blend	TSB1360M	TS409	1/5	9,32	167	1,58	675	5,87
	TSB1365M	TS410	1/4	9,98	179	1,50	725	5,53
	TSB1370M	TS411	1/4	10,87	189	1,58	750	5,64
	TSB1380M	TS412	1/4	11,69	202	1,52	800	5,56
	AZ1328D	AZ225	1/10	2,95	73	1,02	280	3,26
	AZ1335D	AZ223	1/8	3,60	91	1,05	360	3,45
	AZ1340D	AZ222	1/8+	4,00	105	1,05	410	3,42
	AE1343A	AE130	1/6	5,47	114	0,81	450	2,90
	AZ1355D	AZ226	1/6+	5,58	139	1,07	550	3,46
	AZ1360D	AZ245	1/5	5,91	158	1,01	620	3,30
R-404A	AE1360A	AE140	1/5	7,55	164	0,90	650	3,51
	AE1370V	AE444	1/4	6,90	185	1,13	740	3,96
	AE1380A	AE150	1/4	8,85	199	0,90	820	3,43
	AE1390V	AE455	1/4+	8,09	220	1,23	880	4,17
	AE1410V	AE466	1/3	9,41	259	1,10	1060	4,14
	AE2410A	AE235	1/3	12,04	155	1,11	1050	3,33
	AE2413A	AE255	1/3+	14,17	325	1,07	1330	3,53
	AE2415A	AE334	1/2	16,08	384	1,08	1525	3,72
	AEA2411Z	AE820	1/3	8,09	274	0,75	1600	3,81
	AEA2413Z	AE823	1/3+	10,10	437	1,16	1760	3,61
R-404A	AEA2415Z	AE825	1/2+	12,54	542	1,14	2220	3,92
	TYA2431Z	TY411	1	18,80	771	1,17	3150	3,8
	TYA2438Z	TY412	1*1/4	22,33	930	1,25	3700	4,04
	TYA2446Z	TY413	1*1/3	26,00	1166	1,26	4775	4,15



## Anexo 9 Dados técnicos del evaporador

04



Evaporador de Ar Forçado Baixo Perfil

nov  
**Mi**

1007 • 14644 W  
866 • 12600 Kcal/h  
3438 • 49993 BTU/h

Bandeja com canto inovador

Maior Alcance de ar

Fácil instalação e manutenção

### Características técnicas

• Gabinete rígido, monobloco, em alumínio liso brilhante, opcional em pintura epóxi branca.

#### Maior alcance do ar

• Grade retificadora de ar em material de alta densidade e anti chama, garantindo fluxo de ar retilíneo e alcance de 12 metros à velocidade final de 0,25m/s.

#### Maior eficiência energética

• Motoventiladores monofásicos de 220 Volts e 70 Watts de alta eficiência com lubrificação anti-congelante e baixo consumo de energia. Hélices de plástico industrial com 254mm de diâmetro para aplicações em 60Hz e hélices de alumínio para aplicações em 50 e 60Hz.

• Bandeja interna que direciona o fluxo de ar somente através das aletas, evitando fugas e formação de gelo na bandeja externa.

• Opção com grade metálica para alcance de 8m à velocidade final de 0,25 m/s.

• Distribuidor de gás refrigerante do tipo venturi e a escolha perfeita dos circuitos asseguram a máxima eficiência em todos os pontos de operação do evaporador.

#### Fácil instalação, manutenção e higienização

• Suporte de fixação metálico com garra anti-escorregamento que facilita a instalação e manuseio em operação.

• Válvula de inspeção para verificação da pressão de sucção e controle da instalação de fácil acesso.

• Tubo de equalização externa da válvula de expansão para controle preciso de superaquecimento.

• Borneira de ligação elétrica de fácil acesso localizada na lateral oposta a das conexões de refrigerante.

• Bandeja com cantos concordantes que garantem perfeita higienização e reduzem riscos de acidentes. Design moderno, projetada para coleta da água de degelo, inclusive de condensação da caixa externa, preservando os produtos armazenados.

#### Degelo

• No sistema de degelo elétrico padrão, as resistências elétricas, de aço inox, são montadas através da parte traseira da unidade e de fácil acesso. Uma posicionada entre dois blocos evaporadores e outra sobre a bandeja interna, (resistência de bandeja). A partir do modelo Mi038, duas resistências são responsáveis pelo degelo da bandeja.

• O sistema de degelo elétrico promove a operação do evaporador de ar forçado Mipal na sua máxima eficiência, minimizando a formação de vapor e aquecimento da instalação.

• As versões com degelo elétrico incorporam um termostato de segurança do equipamento atuando na chave contatora ou diretamente na alimentação das resistências, prevenindo-o contra superaquecimento em caso de falhas de operação ou comando irregular.

• Equipamento submetido a teste pneumático 30 Kgf/cm<sup>2</sup>, processo de limpeza, desumidificação e pressurização final com nitrogênio, preparado para uso com qualquer gás refrigerante.

### APLICAÇÕES

• Ideal para: câmaras frigoríficas comerciais e supermercados, expositores tipo walk-in e climatização de ambientes, antecâmaras, salas de preparo e pequenas aplicações industriais.

• Construção robusta com aletas especialmente projetadas para aplicação em refrigeração em altas, em médias e baixas temperaturas de evaporação, conferindo maior estabilidade da temperatura da câmara devido à inércia térmica transmitida pelo gás refrigerante.

### VERSÕES

#### PADRÃO

• Tubos de cobre de 5/8" de diâmetro externo.

• Circuito: tubos de cobre e aletas de alumínio (Cu/Al) para R22, R404A, R407A, R507A, R407C, R134A e blends.

• Degelo a ar.

• Gabinete em alumínio planificado liso.

• Bandeja de alumínio com cantos concordantes.

#### OPCIONAIS

CIRCUITO

• Tubos de cobre e aletas de alumínio (Cu/Al) para CO<sub>2</sub>.

• Tubos de cobre e aletas de alumínio (Cu/Al) com circuitos para água gelada e soluções de glicol.

• Tubos de alumínio e aletas de alumínio (Al/Al) com circuitos para R717 (NH<sub>3</sub>).

#### DEGEL

• Degelo elétrico.

• Degelo a gás quente no evaporador e elétrico na bandeja.

#### ACABAMENTO

• Gabinete em aço inoxidável.

• Pintura eletrostática epóxi do gabinete na cor branca.

• Tratamento anti-corrosivo no evaporador para atmosferas agressivas.

• Tratamento anti-corrosivo no evaporador e no gabinete externo, contra ambiente marítimo.

### VANTAGENS

• Compacto, leve e eficiente.

• Bandeja com cantos concordantes que assegura a perfeita higienização.

• Exclusiva bandeja interna que elimina a fuga inferior do ar, aumentando a

eficiência térmica e reduzindo o consumo de energia.

• Fácil instalação.

• Degelo elétrico de altíssima eficiência.

• Fácil manutenção e higienização.

• Disponível em 50Hz ou 60Hz com a mesma capacidade.

• Baixíssimo ruído.



### Detalhes Técnicos

Grade retificadora do fluxo de ar em polietileno que proporcionam melhor desempenho.



Resistências internas garantindo uma total eficiência no degelo.



Suporte para ligação elétrica evitando contato com o gelo e facilitando a instalação elétrica.

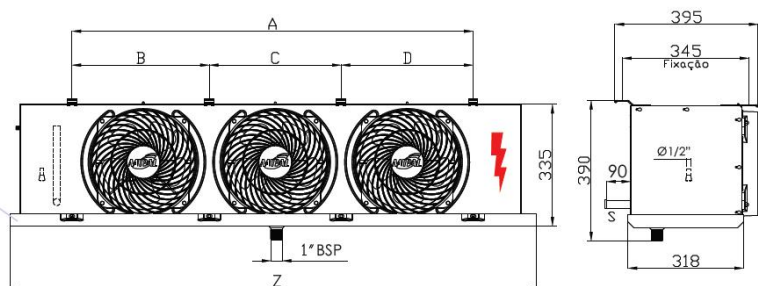
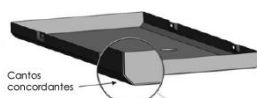
### Alcance do ar

Grade retificadora do fluxo de ar



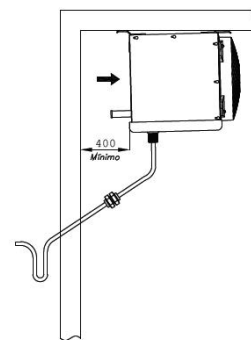
\* Ensaio feito com modelo de 3 ventiladores

### Dimensionais



Mi	Quantidade de Ventiladores	Dimensional						Pesos	
		A	B	C	D	Z	S	PL	PB
		mm	mm	mm	mm	mm	Ø		
013	1	378	-	-	-	710	5/8"	10,6	11,2
015	1	378	-	-	-	710	5/8"	11,6	11,9
018	2	741	-	-	-	1075	5/8"	14,8	17,0
025	2	741	-	-	-	1075	5/8"	17,0	17,8
031	2	741	-	-	-	1075	5/8"	18,2	20,1
038	3	1104	-	-	-	1435	5/8"	22,6	24,3
046	3	1104	-	-	-	1435	7/8"	24,8	25,8
051	4	1467	741	-	726	1800	7/8"	29,4	30,1
062	4	1467	741	-	726	1800	7/8"	33,0	40,6
078	5	1830	741	363	726	2160	1 1/8"	40,8	49,0
094	6	2193	1104	-	1089	2525	1 1/8"	46,2	53,3
110	7	2556	741	1089	726	2885	1 1/4"	53,4	61,0
125	8	2919	1104	726	1089	3250	1 1/4"	63,0	66,1

\* PL = Peso Líquido / PB = Peso Bruto





## Capacidades

Kcal/h

Série Mi DT1 = 10,8°F DT1 = 6°K Kcal/h		Temperatura de evaporação								
		°F	-31	-22	-13	-4	5	14	23	32
		°C	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
HP										
013	1		946	983	1015	1047	1077	1107	1141	1231
015	1 ¼		1186	1232	1272	1312	1350	1387	1430	1543
018	1 ½		1350	1403	1448	1494	1537	1579	1628	1757
025	2		1892	1966	2029	2093	2153	2213	2281	2462
031	2 ½		2317	2407	2485	2562	2636	2710	2793	3014
038	3		2837	2947	3042	3138	3228	3318	3420	3691
046	4		3463	3598	3714	3830	3940	4051	4175	4505
051	5		3782	3930	4057	4184	4304	4424	4560	4921
062	5 ½		4630	4810	4966	5121	5268	5416	5582	6024
078	6 ½		5797	6023	6217	6412	6596	6781	6989	7542
094	7 ½		6930	7200	7433	7665	7886	8106	8355	9016
110	9		8103	8419	8691	8962	9220	9478	9769	10542
125	10		9285	9647	9958	10270	10565	10860	11194	12080

Watts

Série Mi DT1 = 10,8°F DT1 = 6°K W		Temperatura de evaporação								
		°F	-31	-22	-13	-4	5	14	23	32
		°C	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
HP										
013	1		1100	1143	1180	1217	1252	1287	1326	1431
015	1 ¼		1379	1432	1479	1525	1569	1612	1662	1794
018	1 ½		1569	1631	1683	1736	1786	1836	1892	2042
025	2		2199	2285	2358	2432	2502	2572	2651	2861
031	2 ½		2692	2797	2888	2978	3064	3149	3246	3503
038	3		3297	3425	3536	3647	3751	3856	3975	4289
046	4		4025	4182	4317	4452	4580	4708	4852	5236
051	5		4396	4567	4715	4862	5002	5142	5300	5719
062	5 ½		5381	5591	5771	5952	6123	6294	6487	7001
078	6 ½		6737	7000	7226	7452	7666	7881	8123	8766
094	7 ½		8054	8368	8638	8909	9165	9421	9710	10479
110	9		9417	9784	10100	10416	10716	11015	11354	12252
125	10		10791	11212	11574	11936	12279	12622	13010	14039

BTU/h

Série Mi DT1 = 10,8°F DT1 = 6°K BTU/h		Temperatura de evaporação								
		°F	-31	-22	-13	-4	5	14	23	32
		°C	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
HP										
013	1		3755	3902	4028	4154	4273	4392	4527	4886
015	1 ¼		4706	4890	5048	5206	5355	5505	5674	6123
018	1 ½		5358	5567	5747	5926	6097	6267	6459	6971
025	2		7507	7800	8052	8303	8542	8781	9050	9767
031	2 ½		9192	9550	9859	10167	10459	10752	11082	11959
038	3		11255	11694	12072	12450	12807	13165	13570	14644
046	4		13740	14276	14737	15198	15635	16072	16565	17877
051	5		15007	15592	16096	16600	17077	17554	18093	19525
062	5 ½		18371	19087	19703	20320	20904	21488	22148	23901
078	6 ½		23001	23898	24670	25442	26173	26904	27731	29926
094	7 ½		27497	28569	29492	30414	31288	32163	33151	35755
110	9		32150	33404	34483	35562	36584	37606	38761	41829
125	10		36840	38277	39513	40749	41920	43091	44415	47931

(\*) Mesmas capacidades para 50Hz e 60Hz / R404A, R507A, R407A, R407C e R-22. Outros refrigerantes, NH<sub>3</sub> ou CO<sub>2</sub> contate-nos  
 DT1: Diferença entre a temperatura de entrada do ar no evaporador e a temperatura de evaporação do refrigerante. \*K=Graus Kelvin °F=Graus Fahrenheit  
 A temperatura de entrada do ar no evaporador é considerada a temperatura da câmara aproximadamente.

## Anexo 10 Hoja técnica de controlador TC-940Ri plus



**TC-940Ri plus**  
CONTROLADOR DIGITAL PARA  
REFRIGERACIÓN (E) CON DESHIELO  
Y CON SALIDA DE ALARMA

Ver 02






TC940Ri plus-01-12897

### 1. DESCRIPCIÓN

El **TC940Ri plus** es un controlador de temperatura para congelados que gestiona los ciclos inicial y final de deshielo solamente cuando necesario, basado en la temperatura del evaporador. El mismo posee una función de tiempo para recolección del gas refrigerante residual antes que se inicie el deshielo, mejorando el rendimiento del ciclo de refrigeración y disminuyendo el consumo de energía eléctrica. Su cuarta salida es utilizable para el accionamiento de alarma o para apagar luces. Posee también filtro digital configurable, el cual aumenta el tiempo de respuesta del sensor S1 para evitar el accionamiento del compresor por alteraciones rápidas en la temperatura, y salida serial para comunicación con el Sitradd - software de gestión vía Internet.

El **TC940Ri plus** posee aun, una entrada digital configurable utilizada para ejecutar una de las siguientes funciones:

- Realizar sincronismo externo de deshielo;
- Alterar el "setpoint" para el modo nocturno;
- Generar una alarma visual y sonora para indicar la apertura de la puerta del freezer, por ejemplo;
- Inhibir las funciones de control (modo "stand by").

\*En la descripción de la F43, en este manual, está definida detalladamente cada una de las funciones mencionadas.

Producto conforme UL Inc. (Estados Unidos y Canadá) y NSF (Estados Unidos).

### 2. APLICACIONES

- Cámaras frigoríficas
- Mostradores refrigerados

### 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tensión de alimentación: 12 Vdc +/- 10%  
Temperatura de control: -50°C a 75°C / -58°F a 167°F  
Temperatura de operación: 0°C a 50°C / 32°F a 122°F  
Resolución: 0,1°C de -10°C a 75°C, 1°C en el restante del rango / 1°F en todo el rango.  
Humedad de operación: 10 a 90% HR (sin condensación)  
Corrientes máximas de las cargas: (salidas)  
COMP: 12(8)A/240 Vac 1 HP (compresor, válvula solenoide o interruptor)  
FANS: 5(3)A/240 Vac 1/8 HP (ventilador del evaporador)  
DEFR: 5(3)A/240 Vac (deshielo a través de resistencia o de gas caliente).  
AUX: 3A/240Vac carga resistiva (alarma externa, accionamiento de lámpara, válvula inversora de ciclo).  
Dimensiones: 71 x 28 x 71 mm

### 4. CONFIGURACIONES

#### 4.1 - Ajuste de la temperatura de control (SETPOINT)

Pulse la tecla **SET** por 2 segundos hasta que aparezca el mensaje **[S E T]** en la pantalla; suelte la tecla **ENTER**. Aparecerá la temperatura de trabajo del modo diurno (setpoint 1). Utilice las teclas **↑** o **↓** para modificar el valor y cuando listo, pulse la tecla **SET** para guardar.  
Tras ajustada la temperatura del setpoint 1, aparecerá el mensaje **1** y enseguida la temperatura de trabajo del modo nocturno (setpoint 2) será mostrada. Utilice el mismo procedimiento para modificar el valor y cuando listo, pulse la tecla **SET** para guardar.

### 4.2 - Tabla de parámetros

Fun	Descripción	CELSIUS				FAHRENHEIT			
		Min	Max	Unid	Padrón	Min	Max	Unid	Padrón
F 0	Código de Acceso ("123")	-99	999	-	-	-99	999	-	-
F 0 2	Modo de funcionamiento del controlador	0	2	-	0	2	-	0	2
F 0 3	Diferencial de control (histéresis) en refrigeración	0.1	20.0	°C	1.5	1	36	°F	3
F 0 4	Diferencial de control (histéresis) en calentamiento	0.1	20.0	°C	1.5	1	36	°F	3
F 0 5	Desplazamiento de la indicación de la temperatura ambiente (offset)	-20	20.0	°C	0.0	-36	36	°F	0
F 0 6	Desplazamiento de la indicación de la temperatura del evaporador (offset)	-20	20.1	°C	0.0	-36	37	°F	0
F 0 7	Mínimo setpoint permitido al usuario final	-50	75.0	°C	-50	-58	167	°F	-58
F 0 8	Máximo setpoint permitido al usuario final	-50	75.0	°C	75.0	-58	167	°F	167
F 0 9	Retraso del control al partir (energización)	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F 1 0	Tipo de deshielo (Refrigeración)	0	2	-	0	0	2	-	0
F 1 1	Condición para inicio de deshielo (Refrigeración)	0	1	-	0	0	1	-	0
F 1 2	Intervalo entre deshielos (Refrigeración) 1	1	999	min.	240	1	999	min.	240
F 1 3	Intervalo entre deshielos (Calentamiento)	1	999	min.	240	1	999	min.	240
F 1 4	Tiempo máximo en refrigeración 2	1	240	hrs	24	1	240	hrs	24
F 1 5	Temperatura en el evaporador para inicio de deshielo (Refrigeración) 2	-50	75.0	°C	-50	-58	167	°F	23
F 1 6	Tiempo previo de deshielo (Refrigeración) 2	0	90	min.	10	0	90	min.	10
F 1 7	Tiempo para recolección del gas en el deshielo (Calentamiento/Refrigeración)	0	90	min.	0	0	90	min.	0
F 1 8	Deshielo en la puerta en marcha (Calentamiento/Refrigeración)	0	1	-	0	0	1	-	0
F 1 9	Temperatura en el evaporador (S2) para fin de deshielo (Refrigeración) 3	-50	75.0	°C	40.0	-58	167	°F	104
F 2 0	Duración máxima del deshielo (por seguridad) (Refrigeración)	0	90	min.	45	0	90	min.	45
F 2 1	Duración del deshielo (Calentamiento)	0	90	min.	30	0	90	min.	30
F 2 2	Ventilador prendido durante el deshielo (Calentamiento/Refrigeración)	0	1	-	0	0	1	-	0
F 2 3	Retraso para realización del 1° deshielo (Calentamiento/Refrigeración) 1	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F 2 4	Indicación de temperatura (S1) trabada durante el deshielo (Calentamiento/Refrigeración)	no	60	min.	0	no	60	min.	0
F 2 5	Tiempo de drenaje (golpe de agua del deshielo) (Refrigeración)	0	30	min.	10	0	30	min.	10
F 2 6	Modo de operación del ventilador y compresor tras drenaje	0	1	-	0	0	1	-	0
F 2 7	Temperatura del evaporador (S2) para retorno del ventilador tras drenaje (fan-delay) 4	-50	75.0	°C	0.0	-58	167	°F	32
F 2 8	Tiempo máximo p/retorno del ventilador tras drenaje (fan-delay) 4	0	30	min.	1	0	30	min.	1
F 2 9	Tiempo máximo p/retorno del compresor tras drenaje 5	0	30	min.	0	0	30	min.	0
F 3 0	Modo de operación del ventilador durante Refrigeración/Calentamiento	0	2	-	0	0	2	-	0
F 3 1	Tiempo de ventilador prendido 6	0	999	min.	2	0	999	min.	2
F 3 2	Tiempo de ventilador apagado 6	0	999	min.	4	0	999	min.	4
F 3 3	Parada del ventilador por temperatura alta en el evaporador	-50	75.0	°C	75.0	-58	167	°F	167
F 3 4	Histéresis para retorno del ventilador (tras parada por temperatura alta en el evaporador)	0.1	20.0	°C	2.0	1	36	°F	4
F 3 5	Alarma de temperatura ambiente baja 7	-50	75.0	°C	-50	-58	167	°F	-58
F 3 6	Histéresis de alarma de temperatura ambiente baja 7	0.1	20.0	°C	1.0	1	36	°F	4
F 3 7	Alarma de temperatura ambiente alta 7	-50	75.0	°C	75.0	-58	167	°F	167
F 3 8	Histéresis de alarma de temperatura ambiente alta 7	0.1	20.0	°C	1.0	1	36	°F	4
F 3 9	Tiempo de inhibición de la alarma al energizar el instrumento	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F 4 0	Tiempo de inhibición de la alarma tras drenaje	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F 4 1	Tiempo de inhibición de la alarma de puerta abierta	0	99	min.	0	0	99	min.	0
F 4 2	Tiempo de inhibición de la alarma de temperatura baja/alta	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F 4 3	Modo de operación de la entrada digital	0	8	-	0	0	8	-	0
F 4 4	Modo de operación de la salida AUX	0	3	-	0	0	3	-	0
F 4 5	Tiempo de puerta cerrada para apagar la lámpara (0=[_ _ _]) 8	0	999	min.	60	0	999	min.	60
F 4 6	Tiempo de puerta cerrada para activar el setpoint nocturno (0=[_ _ _]) 8	0	999	min.	90	0	999	min.	90
F 4 7	Tiempo mínimo de compresor prendido	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F 4 8	Tiempo mínimo de compresor apagado	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F 4 9	Tiempo de compresor prendido en caso de error en el sensor S1	0	999	min.	20	0	999	min.	20
F 5 0	Tiempo de compresor apagado en caso de error en el sensor S1	0	999	min.	10	0	999	min.	10
F 5 1	Intensidad del filtro digital aplicado al sensor ambiente (S1)	0	9	-	0	0	9	-	0
F 5 2	Tiempo para bloqueo de teclas	14-no	60	seg.	14-no	60	seg.	14-no	60
F 5 3	Apagado de las funciones de control	0	2	-	0	0	2	-	0
F 5 4	Dirección en la red RS-485	1	247	-	1	1	247	-	1

#### Observaciones:

- 1-Función activa si F11=0 (Condición para inicio de deshielo (modo refrigeración): tiempo)
- 2-Función activa si F11=1 (Condición para inicio de deshielo (modo refrigeración): temperatura)
- 3-En el punto 5.7 se muestra como determinar la temperatura de final de deshielo, y la respectiva grabación en este parámetro automáticamente.
- 4-Función activa si F26=0 (Modo de operación del ventilador y compresor tras drenaje: control por F27 y F28).
- 5-Función activa si F26=1 (Modo de operación del ventilador y compresor tras drenaje: control por F29).
- 6-Función activa si F30=0 (Modo de operación del ventilador durante Refrigeración/Calentamiento: Automático).
- 7-Las alarmas siempre se mostrarán en pantalla, sin embargo la salida AUX será activada para alarmas solamente si F44=1 (Modo de operación de la salida AUX: Salida para alarma)
- 8-Función activa si F43=2 o F43=6 (Modo de operación de la entrada digital: Apertura de puerta, contacto (NC) o (NA), respectivamente).

### 4.3 - Descripción de los parámetros

#### F01 - Código de acceso

Si el usuario desea alterar el valor configurado en alguna función, es necesario entrar con el código de acceso "123" en una función. Si desea solamente visualizar los valores configurados, no es necesario introducir el código.

#### F02 - Modo de operación del controlador

Define el modo de operación del controlador:

☐ - Refrigeración

El compresor se apaga cuando la temperatura del sensor S1 se iguala al "Setpoint"

El compresor prende cuando la temperatura del sensor S1 se iguala al Setpoint + [F03] (Diferencial de control (histéresis) - refrigeración)

☐ - Calentamiento

El compresor se apaga cuando la temperatura del sensor S1 se iguala al "Setpoint"

El compresor prende cuando la temperatura del sensor S1 se iguala al Setpoint - [F04] (Diferencial de control (histéresis) en calentamiento)

☐ - Automático

En este modo de funcionamiento la salida AUX configurada para válvula inversora de ciclo ([F05]=3), y no es posible alterar el valor configurado en [F03].

#### Si la refrigeración está activada (relé AUX apagado):

El compresor se apaga cuando la temperatura del sensor S1 se iguala al "Setpoint".

El compresor prende cuando la temperatura del sensor S1 se iguala al Setpoint + [F03] (Diferencial de control (histéresis) en refrigeración).

Si la temperatura baja hasta el Setpoint - [F04] (Diferencial de control (histéresis) en calentamiento), el ciclo es invertido, y el controlador pasa a controlar la temperatura calentando el ambiente. En este momento el relé AUX es prendido. Como el relé COMP ya estaba apagado, ya que la temperatura en S1 ya era menor que el Setpoint, la función [F06] (Tiempo mínimo de compresor apagado) será respetada.

#### Si el calentamiento está activado (relé AUX apagado):

El compresor se apaga cuando la temperatura del sensor S1 se iguala al "Setpoint".

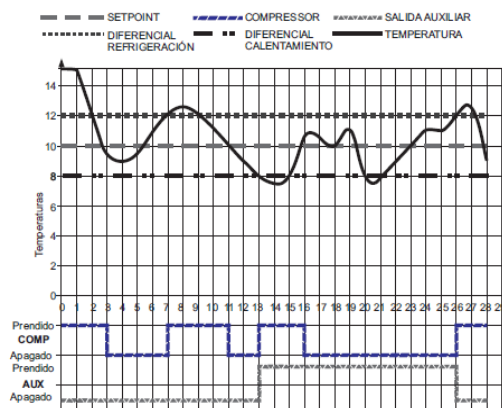
El compresor prende cuando la temperatura del sensor S1 se iguala al Setpoint + [F03] (Diferencial de control (histéresis) en calentamiento).

Si la temperatura baja hasta el Setpoint + [F04] (Diferencial de control (histéresis) en refrigeración), el ciclo es invertido, y el controlador pasa a controlar la temperatura refrigerando el ambiente. En este momento el relé AUX es apagado. Como el relé COMP ya estaba apagado, cuando la temperatura era mayor que el Setpoint, la función [F06] (Tiempo mínimo de compresor apagado) será respetada.

**Observaciones:** Si la función [F02] es modificada, la función [F04] es alterada automáticamente conforme las condiciones que se describen a seguir:

-Si [F02] es alterada para 0 o 1 (Modo de operación del controlador: Refrigeración o Calentamiento), la función [F04] es modificada automáticamente para 1 (Salida AUX para alarma) y el usuario podrá alterar ese valor para 0, 1, 2 o 3.

-Si [F02] es alterada para 2 (Automático), la función [F04] es modificada automáticamente para 3 (Salida AUX para válvula inversora de ciclo) y el usuario no podrá alterar el valor de esa función (la [F04] es escondida del menú de funciones).



#### F03 - Diferencial de control (histéresis) en refrigeración

Define el diferencial de control en refrigeración y es utilizado cuando la función [F02]=0 (refrigeración) o [F02]=2 (automático).

Es la diferencia de temperatura (histéresis) entre APAGAR Y VOLVER A PRENDER el calentamiento. Ejemplo: Se desea controlar la temperatura en 4.0 °C con diferencial de 1.0 °C. Entonces la refrigeración será desactivada con 4.0 °C y de vuelta a activar con 5.0 °C (4.0 + 1.0).

#### F04 - Diferencial de control (histéresis) en calentamiento

Define el diferencial de control en calentamiento y es utilizado cuando la función [F02]=1 (calentamiento) o [F02]=2 (automático).

Es la diferencia de temperatura (histéresis) entre APAGAR Y VOLVER A PRENDER el calentamiento. Ejemplo: Se desea controlar la temperatura en 4.0 °C con diferencial de 1.0 °C. Entonces el calentamiento será desactivado con 4.0 °C y de vuelta a activar con 3.0 °C (4.0 - 1.0).

#### F05 - Desplazamiento de la indicación de la temperatura ambiente (offset)

Esta función permite compensar eventuales desviaciones de temperatura ambiente (S1), provenientes del cambio del sensor o de la alteración del largo del cable.

#### F06 - Desplazamiento de la indicación de la temperatura del evaporador (offset)

Esta función permite compensar eventuales desviaciones de temperatura del evaporador (S2), provenientes del cambio del sensor o de la alteración del largo del cable. Si se desea desactivar el sensor S2, basta incrementar el valor de esa función hasta lo máximo; hasta que el mensaje [FF] sea mostrado en la pantalla.

#### F07 - Mínimo setpoint permitido al usuario final

#### F08 - Máximo setpoint permitido al usuario final

Define los límites mínimo y máximo de setpoint, para evitar que el usuario configure una temperatura exageradamente alta o baja de setpoint por engaño.

#### F09 - Retraso del control al partir (energización)

Define el tiempo en el cual el controlador permanecerá con su control desactivado, cuando sea activado, de forma a retardar el inicio del proceso. Durante este tiempo el controlador funciona apenas como indicador de temperatura. El objetivo de esta función es evitar los picos de demanda de energía eléctrica, caso haya falta y retomo de la misma, cuando existen varios equipos conectados en la misma red de alimentación. Para evitar esa situación, basta ajustar tiempos diferentes de retraso del control en la puesta en marcha de cada equipo. Este retraso actúa tanto para retardar el inicio del ciclo de refrigeración/calentamiento, como para retardar el deshielo al partir, caso este esté activo ([F08]=1).

#### F10 - Tipo de deshielo (Refrigeración)

Define el tipo de deshielo, caso el controlador esté funcionando en refrigeración ([F02]=0 o [F02]=2):

☐ - Deshielo eléctrico (por resistencias) o deshielo por gas caliente en sistemas de racks de refrigeración (líneas exclusivas de líquido y gas caliente), donde es accionada solamente la salida de deshielo.

☐ - Deshielo por gas caliente en sistemas plugin (con válvula inversora), donde son accionadas las salidas del compresor y de deshielo. El compresor obligatoriamente es desactivado antes de iniciar el ciclo de deshielo, siendo respetado el tiempo mínimo de compresor apagado antes de iniciarlo (para disminuir el golpe de ariete del líquido refrigerante en los tubos).

☐ - Deshielo por gas caliente en sistemas plugin (con válvula inversora), donde son accionadas las salidas del compresor y de deshielo. El compresor no es desactivado, en caso si el mismo está prendido, antes de iniciar el ciclo de deshielo.

#### F11 - Condición para inicio de deshielo (Refrigeración)

Define la condición para iniciar el deshielo, caso el controlador esté funcionando en refrigeración ([F02]=0 o [F02]=2):

☐ - Inicio de deshielo por tiempo

☐ - Inicio de deshielo por temperatura en S2

Si la condición de inicio de deshielo sea por temperatura, cuando la temperatura del evaporador alcance el valor configurado en [F15], el instrumento pasa para el estado de deshielo previo.

#### F12 - Intervalo entre deshielos (Refrigeración)

Define de cuanto en cuanto tiempo el controlador realizará un deshielo, caso esté funcionando en refrigeración ([F02]=0 o [F02]=2) y si la condición de inicio de deshielo sea "Inicio de deshielo por tiempo" ([F11]=0). Este tiempo comienza a ser contado a partir del deshielo (modo refrigeración) anterior. El deshielo solamente iniciará si la temperatura en S2 (sensor del evaporador) es menor que la indicada en [F15].

#### F13 - Intervalo entre deshielos (Calentamiento)

Define de cuanto en cuanto tiempo el controlador realizará un deshielo, caso esté funcionando en calentamiento ([F02]=1 o [F02]=2), y comienza a ser contado a partir del deshielo (modo calentamiento) anterior.

#### F14 - Tiempo máximo en refrigeración

Define el tiempo máximo que el controlador puede permanecer en estado de refrigeración ([F02]=0 o [F02]=2) antes de obligatoriamente realizar un deshielo. Esta función solamente actúa si la condición de inicio de deshielo sea "Inicio de deshielo por temperatura en S2" ([F11]=1), y si la temperatura en el evaporador (temperatura en S2) nunca alcance la "Temperatura en el evaporador para inicio de deshielo" ([F15]).

#### F15 - Temperatura en el evaporador para inicio de deshielo (Refrigeración)

Define la temperatura del evaporador (sensor S2) necesaria para que el controlador entre en el estado de deshielo previo, caso opere en el modo de refrigeración ([F02]=0 o [F02]=2). Esta función solamente actúa si la condición de inicio de deshielo sea "Inicio de deshielo por temperatura en S2" ([F11]=1).

#### F16 - Tiempo previo de deshielo (Refrigeración)

Define el tiempo que el controlador permanecerá en el estado de deshielo previo, caso opere en el modo de refrigeración ([F02]=0 o [F02]=2). Esta función solamente actúa si la condición de inicio de deshielo sea "Inicio de deshielo por temperatura en S2" ([F11]=1).

Si durante toda la etapa de deshielo previo la temperatura en S2 permanece abajo del valor configurado en la función [F15], es iniciado el deshielo. Si la temperatura en S2 sube 1°C (2°F) con relación a la temperatura configurada en [F15], el controlador vuelve para el estado de refrigeración.

#### F17 - Tiempo para recolección del gas en el deshielo (Calentamiento/Refrigeración)

Define el tiempo en el cual el controlador permanecerá solamente con el ventilador prendido al iniciar el deshielo (deshielo en el modo Refrigeración o en el modo Calentamiento), para aprovechar la energía residual del gas.



#### F18 - Deshielo en la puesta en marcha (Calentamiento/Refrigeración)

Esa función configura si el controlador debe efectuar (o no) un deshielo en la puesta en marcha (energización del controlador). El objetivo de esa función es evitar que el controlador permanezca por mucho tiempo en refrigeración/calentamiento, caso haya una falla y retorno de energía. Si el controlador estuviese funcionando en el modo refrigeración ([F 02]=0), el deshielo en la puesta en marcha solamente sería ejecutado si la temperatura en S2 estuviese por debajo de la temperatura especificada en la función [F 19] (Temperatura en S2 para deshielo). Si el controlador estuviese funcionando en el modo calentamiento ([F 02]=1), el deshielo en la puesta en marcha sería ejecutado tras el retraso del control en la puesta en marcha ([F 09]). Si el controlador está funcionando en el modo automáticamente ([F 02]=2), el deshielo en la puesta en marcha es desactivado.

#### F19 - Temperatura en el evaporador (S2) para fin de deshielo (Refrigeración)

Define la temperatura del evaporador (sensor S2) necesaria para terminar el deshielo (modo refrigeración). El objetivo de esa función es optimizar el proceso de deshielo.

#### F20 - Duración máxima del deshielo (por seguridad) (Refrigeración)

Define el tiempo máximo que el controlador permanecerá en deshielo (modo refrigeración). Si la temperatura en S2 no alcanza el valor configurado en [F 19] durante el tiempo configurado en esa función, un punto quedará parpadeando en el ángulo inferior derecho de la pantalla indicando que el deshielo ha terminado por tiempo y no por temperatura. Eso puede ocurrir en las siguientes situaciones:

- Si la temperatura configurada en [F 19] es muy alta,
- Si el tiempo configurado en [F 20] es muy corto
- Si el sensor S2 está desconectado
- Si el sensor S2 está desactivado ([F 06]=[FF])
- Si el sensor S2 está en contacto con el evaporador.

#### F21 - Duración del deshielo (Calentamiento)

Define el tiempo máximo que el controlador permanecerá en deshielo (modo calentamiento).

#### F22 - Ventilador prendido durante el deshielo (Calentamiento/Refrigeración)

Esa función configura si el ventilador debe permanecer prendido o apagado durante el deshielo (sea en el modo de refrigeración, sea en el modo de calentamiento).

- Deshielo natural: ventilador prendido.
- Deshielo por resistencias de aletas instaladas fuera del evaporador: ventilador apagado.

#### F23 - Retraso para la realización del 1º deshielo (Calentamiento/Refrigeración)

Define un tiempo extra que el instrumento permanecerá en refrigeración/calentamiento antes de realizar el primer deshielo, para evitar que varias cámaras entren en deshielo al mismo tiempo. Esta función no interfiere en la función [F 18] (Deshielo en la puesta en marcha). Si el controlador está operando en el modo refrigeración ([F 02]=0 o [F 02]=2), para que esta función sea respetada, [F 11]=0 (deshielo (modo refrigeración) por tiempo).

#### F24 - Indicación de temperatura (S1) trabada durante el deshielo (Calentamiento/Refrigeración)

Esa función configura si la temperatura ambiente mostrada en la pantalla es congelada durante (y después) un deshielo (sea en el modo de refrigeración, como en el modo de calentamiento). El objetivo de esta función es evitar que sea observada una variación en la temperatura ambiente debido al deshielo, y el funcionamiento de la función dependerá del tipo de deshielo que está siendo realizado:

##### Deshielo (modo Refrigeración)

[F 06] - Función desactivada (temperatura S1 nunca es trabada en la función de deshielo)  
[F 06] - Al iniciar el deshielo, el controlador guarda la temperatura ambiente y la congela en la pantalla. La indicación permanecerá congelada hasta el final del deshielo.  
[F 06] a [F 06] - Al iniciar el deshielo, el controlador guarda la temperatura ambiente y la congela en la pantalla. La indicación permanecerá congelada hasta que ocurra una de las siguientes condiciones: Si la temperatura ambiente alcanza un valor inferior al valor registrado al inicio del deshielo; o si el tiempo configurado en esta función transcurrir. Este tiempo comienza a ser contado tras finalizar el deshielo.

##### Deshielo (modo Calentamiento)

[F 06] - Función desactivada (temperatura S1 nunca es trabada en la función de deshielo)  
[F 06] - Al iniciar el deshielo, el controlador guarda la temperatura ambiente y la congela en la pantalla. La indicación permanecerá congelada hasta el final del deshielo.  
[F 06] a [F 06] - Al iniciar el deshielo, el controlador guarda la temperatura ambiente y la congela en la pantalla. La indicación permanecerá congelada hasta que ocurra una de las siguientes condiciones: Si la temperatura ambiente alcanza un valor superior al valor registrado al inicio del deshielo; o si el tiempo configurado en esta función transcurrir. Este tiempo comienza a ser contado tras finalizar el deshielo.

#### F25 - Tiempo de drenaje (goteo del agua del deshielo) (Refrigeración)

Define el tiempo de goteo, para que las últimas gotas de agua del evaporador escurran cuando el controlador termine un deshielo (modo refrigeración). Todas las salidas permanecen desactivadas. Si no se desea esta etapa, configure esa función con el valor 0 (cero).

#### F26 - Modo de operación del ventilador y compresor tras drenaje

Esa función configura el modo de funcionamiento del ventilador y compresor tras el drenaje:

- [F 26] - El compresor es prendido y el ventilador permanece apagado. Las funciones [F 27] y [F 28] definen el tiempo y/o temperatura para finalizar esta etapa de fan-delay.
- [F 26] - El compresor es apagado y el ventilador permanece prendido. La función [F 29] define el tiempo que el compresor permanecerá apagado y solamente el ventilador permanecerá prendido, disminuyendo la presión debido a la inversión del ciclo durante el deshielo.

#### F27 - Temperatura del evaporador (S2) para retorno del ventilador tras drenaje (fan-delay)

Define la temperatura del evaporador (sensor S2) necesaria para terminar el fan-delay. Esta etapa se realiza al final de la etapa de drenaje, y se aplica solamente si el controlador está operando en el modo de refrigeración ([F 02]=0 o [F 02]=2) y=0.

En el estado de fan-delay con [F 26]=0, la salida del compresor (COMP) es accionada inmediatamente, pues la temperatura en el evaporador está alta, pero el ventilador es accionado solamente tras la temperatura en el evaporador bajar del valor ajustado en la función [F 27]. Este proceso es necesario para retirar el calor que aun existe en el evaporador en consecuencia del deshielo, evitando traerlo al ambiente.

#### F28 - Tiempo máximo p/ retorno del ventilador tras drenaje (fan-delay)

Define el tiempo máximo que el controlador podrá permanecer en el estado de fan-delay. Esta etapa se realiza al final de la etapa de drenaje, y se aplica solamente si el controlador está operando en el modo de refrigeración ([F 02]=0 o [F 02]=2) y [F 26]=0.

Si la temperatura en el evaporador (sensor S2) no alcanza el valor configurado en [F 27] o si el sensor S2 está desconectado/inhibido durante el fan-delay, el retorno del ventilador ocurrirá tras transcurrir el tiempo ajustado en esta función.

#### F29 - Tiempo máximo p/ retorno del compresor tras drenaje

Define el tiempo en el cual el controlador mantiene el ventilador prendido y el compresor apagado tras el término de la etapa de drenaje, y se aplica solamente si el controlador está operando en el modo de

refrigeración ([F 02]=0 o [F 02]=2) y [F 26]=1.

#### F30 - Modo de operación del ventilador durante Refrigeración/Calentamiento

Esa función configura el modo de operación del ventilador durante la etapa de refrigeración/calentamiento:

- [F 30] (Automático) - el ventilador permanecerá prendido mientras el compresor esté activado. Cuando el compresor está apagado, el ventilador alternará de estado (prendido/apagado) según los tiempos configurados en las funciones en [F 31] y [F 32].
- [F 30] (Continuo) - el ventilador permanecerá siempre prendido.
- [F 30] (Dependiente) - el ventilador permanecerá siempre prendido mientras el compresor esté activado. Cuando el compresor esté apagado, el ventilador permanecerá siempre apagado.

#### F31 - Tiempo de ventilador prendido

Define el tiempo de ventilador prendido, si [F 30]=0 (Modo de operación del ventilador: Automático), y si el compresor está apagado, antes de volver a prender el ventilador.

#### F32 - Tiempo de ventilador apagado

Define el tiempo de ventilador apagado, si [F 30]=0 (Modo de operación del ventilador: Automático), y si el compresor está apagado, antes de volver a prender el ventilador.

#### F33 - Parada del ventilador por temperatura alta en el evaporador

Define la temperatura máxima en el sensor S2 para apagar el ventilador, si el controlador está operando en el modo de refrigeración ([F 02]=0 o [F 02]=2). El objetivo de esta función es alternar el estado del ventilador (prendido/apagado) hasta que la temperatura ambiente se aproxime de aquella prevista en el proyecto de la instalación frigorífica, evitando así altas temperaturas y presiones de succión que podrían dañar el compresor.

Si la temperatura en el sensor S2 alcanza el valor configurado en esa función, el ventilador es apagado independiente del valor configurado en la función [F 30] (Modo de operación del ventilador durante Refrigeración/Calentamiento). Para que el ventilador pueda ser prendido nuevamente, es preciso que la temperatura en S2 alcance el valor de [F 33] - [F 34] (Histéresis para retorno del ventilador).

Obs.: Este recurso es muy útil cuando por ejemplo se coloca en operación un equipo frigorífico que estuvo parado durante días, o cuando se reabastecen cámaras o mostradores con mercadería.

#### F34 - Histéresis para retorno del ventilador (tras parada por temperatura alta en el evaporador)

Define el diferencial de temperatura para retorno del ventilador, caso haya parado debido a una temperatura elevada en S2. Vea la descripción de la función [F 33] para mayores detalles.

#### F35 - Alarma de temperatura ambiente baja

Define la temperatura en el sensor S1 (temperatura ambiente) necesaria para activar la alarma de temperatura ambiente baja. Esta alarma es indicada a través del mensaje [H 06] en la pantalla, a través de aviso sonoro (buzzer), y a través del accionamiento de la salida AUX, caso [F 44]=1 (Salida AUX para alarma).

#### F36 - Histéresis de alarma de temperatura ambiente baja

Define el diferencial de temperatura para apagar la alarma de temperatura ambiente baja, caso esa alarma haya sido detectada. Para que la alarma de temperatura baja sea desactivada, es necesario que la temperatura en S1 alcance un valor igual o mayor al valor de [F 35] + [F 36].

#### F37 - Alarma de temperatura ambiente alta

Define la temperatura en el sensor S1 (temperatura ambiente) necesaria para activar la alarma de temperatura ambiente alta. Esta alarma es indicada a través del mensaje [H 07] en la pantalla, a través de aviso sonoro (buzzer), y a través del accionamiento de la salida AUX, caso [F 44]=1 (Salida AUX para alarma).

#### F38 - Histéresis de alarma de temperatura ambiente alta

Define el diferencial de temperatura para apagar la alarma de temperatura ambiente alta, caso esa alarma haya sido detectada. Para que la alarma de temperatura alta sea desactivada, es necesario que la temperatura en S1 alcance un valor igual o mayor al valor de [F 37] - [F 38].

#### F39 - Tiempo de inhibición de la alarma al energizar el instrumento

Define el tiempo que el controlador espera, tras ser energizado, antes de activar alguna alarma de temperatura ambiente alta/baja; o sea, durante este tiempo la alarma permanece desactivada, aguardando que el sistema entre en el régimen de trabajo.

#### F40 - Tiempo de inhibición de la alarma tras drenaje

Define el tiempo que el controlador espera, tras finalizar la etapa de drenaje, antes de activar alguna alarma de temperatura ambiente alta/baja. El objetivo de esta función es inhibir la alarma debido a una eventual elevación de la temperatura proveniente del deshielo, siendo que durante las etapas de deshielo y de drenaje, la alarma no actúa.

#### F41 - Tiempo de inhibición de la alarma de puerta abierta

Define el tiempo que el controlador espera, al detectar que la puerta está abierta, antes de activar la alarma de puerta abierta. Esta función solamente actúa si [F 43]=2 o [F 43]=6 (Modo de operación de entrada digital: Apertura de puerta).

#### F42 - Tiempo de inhibición de la alarma de temperatura baja/alta

Define el tiempo que el controlador espera, tras detectar alguna alarma de temperatura ambiente baja/alta, antes de activar la respectiva alarma. Este retraso de inhibición es respetado durante el funcionamiento normal del instrumento (refrigeración/calentamiento).

#### F43 - Modo de operación de la entrada digital

Define el modo de operación de la entrada digital:

- [F 43] Sin función: la entrada AUX no posee ninguna función asociada
- [F 43] Sincronismo de deshielo (NC): Permite el accionamiento del deshielo (calentamiento o refrigeración) vía accionamiento externo (llave abierta: inicio de deshielo, llave cerrada: funcionamiento normal).
- [F 43] Apertura de deshielo (NC): Permite detectar apertura/cierre de puerta (llave abierta: puerta abierta, llave cerrada: puerta cerrada).
- [F 43] Setpoint nocturno (NC): Permite el accionamiento del modo nocturno sincronizado con otras cámaras de refrigeración (llave abierta: modo nocturno, llave cerrada: modo diurno).
- [F 43] Apagado de las funciones de control (NC): Permite inhibir las funciones de control a través del accionamiento de la entrada digital (llave abierta: funciones de control inhibidas, llave cerrada: funcionamiento normal). En este estado de funcionamiento solamente las lecturas de temperatura son realizadas.
- [F 43] Sincronismo de deshielo (NA): Permite el accionamiento del deshielo (calentamiento o refrigeración) vía accionamiento externo (llave abierta: funcionamiento normal, llave cerrada: inicio de deshielo).
- [F 43] Apertura de puerta (NA): Permite detectar apertura/cierre de puerta (llave abierta: puerta abierta, llave cerrada: puerta cerrada).

### 5.5.3 - Caso [F02]=2 (Modo de operación del controlador: Automático)

Cuando el controlador esté configurado como automático, el mismo puede operar refrigerando o calentando el ambiente.

Si el controlador está refrigerando el ambiente, el mismo respetará las condiciones para inicio de deshielo (modo refrigeración). Si el controlador deja de refrigerar el ambiente y pasa a calentarlo, los tiempos relacionados a las funciones [F12] (Intervalo entre deshielos (Refrigeración)) y [F14] (Tiempo máximo en refrigeración) son reiniciados.

Si el controlador está calentando el ambiente, el mismo respetará las condiciones para inicio de deshielo (modo calentamiento). Si el controlador deja de calentar el ambiente y pasa a refrigerarlo, el tiempo relacionado a la función [F13] (Intervalo entre deshielos (Calentamiento)) es reiniciado.

### 5.6 - Deshielo manual (vía tecla de acceso facilitado o vía Sitrad)

Para realizar un deshielo manual, independiente de la programación, mantenga presionada la tecla **SET** durante 10 segundos, hasta que aparezca el mensaje [dEf] [0n] en la pantalla del instrumento.

Si el controlador está en deshielo, y si este fue iniciado manualmente, al pulsar nuevamente la tecla **SET** por 10s, el deshielo será finalizado con el mensaje [dEf] [dEf] y al mismo tiempo será grabado en la función "F19 - Temperatura en el evaporador (S2) para final de deshielo" la temperatura del sensor S2, seguido por los mensajes [F19] [E-2] y la temperatura del sensor S2.

La temperatura del sensor S2 no será grabada en F19 si el intervalo entre inicio y fin de deshielo manual es menor que 2 minutos, apareciendo entonces [F19] [dEf]. Si el controlador está en deshielo (iniciado por tiempo/temperatura) y sea necesario interrumpirlo, pulse la tecla **SET** hasta que aparezca la indicación [dEf] [dEf].

### 5.6.1- Si el controlador está calentando el ambiente([F02]=1 o [F02]=2).

Para realizar un deshielo manual, independiente de la programación, mantenga pulsada la tecla **SET** durante 10 segundos, hasta que aparezca el mensaje [dEf] en la pantalla del controlador, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] es mostrado indicando el inicio del deshielo.

El controlador permanecerá en deshielo (modo calentamiento) por el período especificado en la función en la [F21] (Duración del deshielo (Calentamiento)), o si el usuario interrumpe manualmente el deshielo (modo calentamiento).

Si el controlador está en deshielo (iniciado manualmente o por tiempo) y el usuario desea interrumpirlo, pulse la tecla **SET** por 10s, hasta que el mensaje [dEf] aparezca en la pantalla; enseguida suelte la tecla, y finalmente aparecerá el mensaje [dEf] indicando el final del deshielo.

### 5.7- Como determinar el final del deshielo (Refrigeración) por temperatura

a) Ajuste las siguientes funciones con valores máximos:

- [F12]=999 (Intervalo entre deshielos (Refrigeración))
- [F19]=75 (Temperatura en el evaporador para fin de deshielo (Refrigeración))
- [F20]=90 (Duración máxima del deshielo (Refrigeración))

b) Aguarde hasta formar una camada de hielo en el evaporador.

c) Realice un deshielo (modo refrigeración) manual manteniendo pulsada la tecla **SET** durante 10 segundos, hasta que aparezca el mensaje [dEf] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] es mostrado indicando el inicio del deshielo.

d) Acompañe visualmente al hielo derretirse.

e) Espere hasta que todo el hielo en el evaporador dermita (deshielo finalizado).

f) Vuelva a pulsar la tecla **SET** durante 10 segundos, hasta que aparezca el mensaje [dEf] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dEf] es mostrado indicando el inicio del deshielo. En este instante la temperatura medida en el sensor S2 es grabada en la función [F19] (Temperatura en el evaporador (S2) para final de deshielo). Si la operación fue realizada con suceso, el mensaje [F19] [E-2] [000] (temperatura del sensor S2) aparecerá en la pantalla.

g) Por seguridad, vuelva a configurar el valor de la función [F20] (Duración máxima del deshielo (Refrigeración)). Este valor depende del tipo de deshielo realizado. Ejemplos:

- Deshielo eléctrico (por resistencias) = 45 minutos máximo

- Deshielo por gas caliente en sistemas plugin = 20 minutos máximo

h) Vuelva a configurar el valor de la función [F12] (Intervalo entre deshielos (Refrigeración)), con el valor deseado.

### 5.8 - Registro de las temperaturas mínimas y máximas y contador de puerta abierta

Pulse la tecla **▲** (toque corto), y enseguida los siguientes mensajes aparecerán en la pantalla del controlador:

[E-1] [000] (temperatura mínima en el sensor S1) [000] (temperatura máxima en el sensor S1)  
[E-2] [000] (temperatura mínima en el sensor S2) [000] (temperatura máxima en el sensor S2)  
[dPn] [000] (número de veces que la puerta ha sido abierta)\*

\* - El número de veces en que la puerta ha sido abierta es mostrado solamente, caso [F43]=2 o [F43]=6 (Modo de operación de la entrada digital: Apertura de puerta).

Nota: Para reiniciar los registros (de temperaturas máxima, mínima, y del contador de puerta abierta), basta mantener presionada la tecla **▲** durante la visualización de las temperaturas mínimas, máximas y del número de veces en que la puerta fue abierta, hasta que aparezca el mensaje [rSE] en la pantalla.

El registro del número de veces que la puerta fue abierta no es reiniciado en caso de falla de alimentación.

### 5.9- Activar / Desactivar el Setpoint nocturno manualmente

Si [F43]=2o [F43]=6 (Modo de operación de la entrada digital: apertura de puerta):

- El controlador respetará el tiempo configurado en la función [F46] (tiempo de puerta cerrada para activar el setpoint nocturno) antes de cambiar el setpoint.

- Si el setpoint nocturno está activo y la puerta se abre, el controlador vuelve para el setpoint diurno.

Si [F43]=3o [F43]=7 (Modo de operación de la entrada digital: Setpoint nocturno):

- Si la entrada está activada y el modo diurno está activo, el modo nocturno es activado

- Si la entrada está apagada, y el modo nocturno está activo, el modo diurno es activado independiente de estar en el modo diurno o nocturno; es posible alterar el setpoint de funcionamiento a través de una tecla de acceso facilitado:

- Para activar el setpoint nocturno vía tecla de acceso facilitado, pulse **▲** por 2 segundos, hasta que aparezca el mensaje [SP2] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] aparece indicando que el controlador pasó a funcionar en el modo nocturno.

- Para activar el setpoint nocturno vía tecla de acceso facilitado, pulse **▲** por 2 segundos, hasta que aparezca el mensaje [SP2] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dEf] aparece indicando que el controlador pasó a funcionar en el modo diurno.

### 5.10- Prender / Apagar la lámpara manualmente

Esta función solamente está disponible si [F44]=2 (Modo de operación de la salida AUX: Salida AUX para lámpara).

Si [F43]=2 o [F43]=6 (Modo de operación de la entrada digital: apertura de puerta):

- Si la lámpara está apagada y la puerta es abierta, el controlador encenderá la lámpara, y ella permanecerá prendida mientras la puerta esté abierta.

- Si la lámpara está prendida, y la puerta es cerrada, el controlador respetará el tiempo especificado en la función [F45] (tiempo de puerta cerrada para apagar la lámpara) antes de apagarla.

- Si la lámpara está prendida y el modo nocturno es activado (sea manualmente, sea debido a la función [F46] (Tiempo de puerta cerrada para activar el setpoint nocturno)), la función [F45] será ignorada. Entonces la lámpara será apagada inmediatamente tras el cambio de modo diurno para modo nocturno.

Independiente de estar en el modo diurno o nocturno, es posible prender/apagar la lámpara a través de la tecla de acceso facilitado:

- Para prender la lámpara manualmente, pulsar la tecla **▼** durante 2 segundos, hasta que aparezca el mensaje [L-E] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] es mostrado indicando que la lámpara ha sido prendida.

- Para apagar la lámpara manualmente, pulsar la tecla **▼** durante 2 segundos, hasta que aparezca el mensaje [L-E] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dEf] es mostrado indicando que la lámpara ha sido prendida.

Si la lámpara es prendida manualmente, esta permanecerá prendida hasta que sea apagada manualmente, o si la puerta es abierta, y después cerrada (en esa condición, la lámpara permanecerá prendida por el tiempo especificado en [F45] y/o [F46], lo que ocurra primero).

### 5.11- Activar / desactivar aviso sonoro (buzzer)

Para desactivar el aviso sonoro (buzzer), pulse las teclas **▼** y **SET** (toque corto). Al desactivar el aviso sonoro (buzzer), los siguientes mensajes serán mostrados en la pantalla el controlador: [buz] [dEf].

El buzzer será reactivado automáticamente cuando no haya más ninguna alarma activa.

### 5.12- Activar / desactivar alarmas

Para inhibir la salida de alarma caso alguna alarma esté activa y si [F44]=1 (Modo de operación de la salida AUX: Salida AUX para alarma), pulse las teclas **▲** y **SET** (toque corto). Al desactivar la salida de alarma, los siguientes mensajes serán mostrados en la pantalla el controlador: [AL-E] [dEf]. Los avisos visuales y sonoros (buzzer) aun permanecen activos, aunque la salida de alarma sea desactivada. Alarmas de sensor desconectado ([E-1], [E-2]) no se pueden desactivar. El software Sitrad aun registrará la alarma, aunque este haya sido desactivada manualmente. La salida de alarma será reactivada automáticamente cuando no haya más ninguna alarma activa.

Obs. 1: Las alarmas de temperatura alta/baja son automáticamente desactivadas durante los ciclos de deshielo y drenaje, pero no serán desactivadas caso hayan sido detectados antes del instrumento haber iniciado el ciclo de deshielo/drenaje.

### 5.13- Bloqueo / Desbloqueo de teclas

El bloqueo de teclas tiene como objetivo proteger el controlador contra alteraciones indebidas de sus parámetros de configuración.

Para realizar el bloqueo de las teclas es necesario inicialmente, que el parámetro "F52 - Tiempo para bloqueo de teclas" esté configurado con el valor diferente de "14 - [0n]" (de 15 a 60 segundos). Si F52 está programado como [0n] el bloqueo de teclas no serán permitidos. Para bloquear, pulse la tecla **▼** por el tiempo programado en la función F52, hasta el controlador mostrar el mensaje [LdC], enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] es mostrado indicando que el bloqueo de teclas fue activado.

Si las teclas están bloqueadas, el usuario podrá apenas ver el valor actual del setpoint y de los parámetros configurados en el controlador. En esta condición, caso el usuario intente alterar la configuración de alguno de esos parámetros, el mensaje [LdC] será mostrado en pantalla.

Para desbloquear las teclas, apague el controlador y vuelva a prenderlo con la tecla **▼** presionada. Mantenga la tecla **▼** presionada durante 10s, hasta que el mensaje [LdC] sea mostrado en pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dEf] aparecerá indicando que el bloqueo de teclas fue desactivado.

### 5.14- Activación / Desactivación de las funciones de control

La activación/desactivación de las funciones permite colocar el controlador en un estado de "Stand-by", donde el solamente realiza la lectura de las temperaturas de los sensores. Todas las funciones de control son desactivadas (incluyendo las alarmas), y todas las salidas permanecen apagadas. La comunicación con el Software Sitrad continúa activa.

La desactivación del compresor, caso las funciones de control sean desactivadas, respetará la función [F47] (Tiempo mínimo de compresor prendido), o [F49] (Tiempo de compresor prendido en caso de error en el sensor S1).

El accionamiento del compresor, caso las funciones de control sean activadas, respetará la función [F48] (Tiempo mínimo de compresor apagado), o [F50] (Tiempo de compresor apagado en caso de error en el sensor S1).

Si las funciones de control han sido desactivadas a través de la tecla de acceso facilitado y el instrumento es interrumpido, al alimentarlo nuevamente, el mismo volverá a operar con las funciones de control desactivadas.

Si las funciones de control han sido desactivadas, cuando sean activadas el instrumento respetará las funciones [F03] (Retraso del control en la puesta en marcha) y [F18] (deshielo en la puesta en marcha del controlador), y el contador de tiempo de etapa es reiniciado.

El permiso para activar/desactivar las funciones de control del instrumento a través de la tecla de acceso facilitado, dependerá del valor configurado en la función [F53] (Desactivación de las funciones de control), pero la activación/desactivación de las funciones de control a través de la entrada digital ([F43]=4 o [F43]=8) no dependerá del valor configurado en la función [F53].

Para desactivar las funciones de control vía tecla de acceso facilitado, el usuario deberá oprimir la tecla durante **▲** 10 s, hasta que el mensaje [L-E] aparezca en la pantalla; enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dEf] aparecerá, indicando que las funciones de control han sido desactivadas. Mientras las funciones de control estén apagadas, el controlador alterará los siguientes mensajes en la pantalla: [000] (Temperatura en el Sensor 1) y [dEf].

Para reactivar las funciones de control, en caso que hayan sido desactivadas vía tecla de acceso facilitado, el usuario deberá oprimir la tecla **▲** por 10 s, hasta que el mensaje [L-E] aparezca en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] aparecerá, indicando que las funciones de control han sido reactivadas.

Para reactivar las funciones de control caso ellas hayan sido desactivadas por la entrada digital ([F43]=4 o [F43]=8) y también por la tecla de acceso facilitado (pulsado de la tecla **▲** por 10 s), es necesario que las funciones de control sean reactivadas a través de la tecla de acceso facilitado y por la entrada digital; de forma que ambos métodos de activación/desactivación del sistema permitan que las funciones de control sean activadas.

Si [F53]=1 o [F53]=2 (desactivación de las funciones de control permitido) y las funciones de control hayan sido desactivadas vía tecla de acceso facilitado, al cambiar la función [F53] para 0 (desactivación de las funciones de control no permitida), el instrumento volverá a activar las funciones de



### 5.5.3 - Caso [F02]=2 (Modo de operación del controlador: Automático)

Cuando el controlador esté configurado como automático, el mismo puede operar refrigerando o calentando el ambiente.

Si el controlador está refrigerando el ambiente, el mismo respetará las condiciones para inicio de deshielo (modo refrigeración). Si el controlador deja de refrigerar el ambiente y pasa a calentarlo, los tiempos relacionados a las funciones [F12] (Intervalo entre deshielos (Refrigeración)) y [F14] (Tiempo máximo en refrigeración) son reiniciados.

Si el controlador está calentando el ambiente, el mismo respetará las condiciones para inicio de deshielo (modo calentamiento). Si el controlador deja de calentar el ambiente y pasa a refrigerarlo, el tiempo relacionado a la función [F13] (Intervalo entre deshielos (Calentamiento)) es reiniciado.

### 5.6 - Deshielo manual (vía tecla de acceso facilitado o vía Sitrad)

Para realizar un deshielo manual, independiente de la programación, mantenga presionada la tecla [SET] durante 10 segundos, hasta que aparezca el mensaje [dEF] [0n] en la pantalla del instrumento.

Si el controlador está en deshielo, y si este fue iniciado manualmente, al pulsar nuevamente la tecla [SET] por 10s, el deshielo será finalizado con el mensaje [dEF] [dFF] y al mismo tiempo será grabado en la función "F19 - Temperatura en el evaporador (S2) para final de deshielo" la temperatura del sensor S2, seguido por los mensajes [F19] [E-2] y la temperatura del sensor S2.

La temperatura del sensor S2 no será grabada en F19 si el intervalo entre inicio y fin de deshielo manual es menor que 2 minutos, apareciendo entonces [F19] [dFF]. Si el controlador está en deshielo (iniciado por tiempo/temperatura) y sea necesario interrumpirlo, pulse la tecla [SET] hasta que aparezca la indicación [dEF] [dFF].

### 5.6.1- Si el controlador está calentando el ambiente([F02]=1 o [F02]=2).

Para realizar un deshielo manual, independiente de la programación, mantenga pulsada la tecla [SET] durante 10 segundos, hasta que aparezca el mensaje [dEF] en la pantalla del controlador, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] es mostrado indicando el inicio del deshielo.

El controlador permanecerá en deshielo (modo calentamiento) por el período especificado en la función en la [F21] (Duración del deshielo (Calentamiento)), o si el usuario interrumpe manualmente el deshielo (modo calentamiento).

Si el controlador está en deshielo (iniciado manualmente o por tiempo) y el usuario desea interrumpirlo, pulse la tecla [SET] por 10s, hasta que el mensaje [dEF] aparezca en la pantalla; enseguida suelte la tecla, y finalmente aparecerá el mensaje [dFF] indicando el final del deshielo.

### 5.7- Como determinar el final del deshielo (Refrigeración) por temperatura

a) Ajuste las siguientes funciones con valores máximos:

- [F12]=999 (Intervalo entre deshielos (Refrigeración))
- [F13]=75 (Temperatura en el evaporador para fin de deshielo (Refrigeración))
- [F21]=90 (Duración máxima del deshielo (Refrigeración))

b) Espere hasta formar una camada de hielo en el evaporador.

c) Realice un deshielo (modo refrigeración) manual manteniendo pulsada la tecla [SET] durante 10 segundos, hasta que aparezca el mensaje [dEF] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] es mostrado indicando el inicio del deshielo.

d) Acompañe visualmente al hielo derretirse.

e) Espere hasta que todo el hielo en el evaporador derrita (deshielo finalizado).

f) Vuelva a pulsar la tecla [SET] durante 10 segundos, hasta que aparezca el mensaje [dEF] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dFF] es mostrado indicando el inicio del deshielo. En este instante la temperatura medida en el sensor S2 es grabada en la función [F19] (Temperatura en el evaporador (S2) para final de deshielo). Si la operación fue realizada con suceso, el mensaje [F19] [E-2] [000] (temperatura del sensor S2) aparecerá en la pantalla.

g) Por seguridad, vuelva a configurar el valor de la función [F21] (Duración máxima del deshielo (Refrigeración)). Este valor depende del tipo de deshielo realizado. Ejemplos:

- Deshielo eléctrico (por resistencias) = 45 minutos máximo
- Deshielo por gas caliente en sistemas plugin = 20 minutos máximo

h) Vuelva a configurar el valor de la función [F12] (Intervalo entre deshielos (Refrigeración)), con el valor deseado.

### 5.8 - Registro de las temperaturas mínimas y máximas y contador de puerta abierta

Pulse la tecla [▲] (toque corto), y enseguida los siguientes mensajes aparecerán en la pantalla del controlador:

[E-1] [000] (temperatura mínima en el sensor S1) [000] (temperatura máxima en el sensor S1)  
[E-2] [000] (temperatura mínima en el sensor S2) [000] (temperatura máxima en el sensor S2)  
[0Pn] [000] (número de veces que la puerta ha sido abierta)\*

\* - El número de veces en que la puerta ha sido abierta es mostrado solamente, caso [F43]=2 o [F43]=6 (Modo de operación de la entrada digital: Apertura de puerta).

Nota: Para reiniciar los registros (de temperaturas máxima, mínima, y del contador de puerta abierta), basta mantener presionada la tecla [▲] durante la visualización de las temperaturas mínimas, máximas y del número de veces en que la puerta fue abierta, hasta que aparezca el mensaje [E-3] en la pantalla.

El registro del número de veces que la puerta fue abierta no es reiniciado en caso de falla de alimentación.

### 5.9- Activar / Desactivar el Setpoint nocturno manualmente

Si [F43]=2 o [F43]=6 (Modo de operación de la entrada digital: apertura de puerta):

- El controlador respetará el tiempo configurado en la función [F45] (tiempo de puerta cerrada para activar el setpoint nocturno) antes de cambiar el setpoint.

- Si el setpoint nocturno está activo y la puerta se abre, el controlador vuelve a el setpoint diurno.

Si [F43]=3 o [F43]=7 (Modo de operación de la entrada digital: Setpoint nocturno):

- Si la entrada está activada y el modo diurno está activo, el modo nocturno es activado

- Si la entrada está apagada, y el modo nocturno está activo, el modo diurno es activado independiente de estar en el modo diurno o nocturno; es posible alterar el setpoint de funcionamiento a través de una tecla de acceso facilitado:

- Para activar el setpoint nocturno vía tecla de acceso facilitado, pulse [▲] por 2 segundos, hasta que aparezca el mensaje [SP2] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] aparece indicando que el controlador pasó a funcionar en el modo nocturno.

- Para activar el setpoint nocturno vía tecla de acceso facilitado, pulse [▲] por 2 segundos, hasta que aparezca el mensaje [SP2] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dFF] aparece indicando que el controlador pasó a funcionar en el modo diurno.

### 5.10 - Prender / Apagar la lámpara manualmente

Esta función solamente está disponible si [F44]=2 (Modo de operación de la salida AUX: Salida AUX para lámpara).

Si [F43]=2 o [F43]=6 (Modo de operación de la entrada digital: apertura de puerta):

- Si la lámpara está apagada y la puerta es abierta, el controlador encenderá la lámpara, y ella permanecerá prendida mientras la puerta esté abierta.

- Si la lámpara está prendida, y la puerta es cerrada, el controlador respetará el tiempo especificado en la función [F45] (tiempo de puerta cerrada para apagar la lámpara) antes de apagarla.

- Si la lámpara está prendida y el modo nocturno es activado (sea manualmente, sea debido a la función [F46] (Tiempo de puerta cerrada para activar el setpoint nocturno)), la función [F45] será ignorada.

Entonces la lámpara será apagada inmediatamente tras el cambio de modo diurno para modo nocturno. Independiente de estar en el modo diurno o nocturno, es posible prender/apagar la lámpara a través de la tecla de acceso facilitado:

- Para prender la lámpara manualmente, pulsar la tecla [▲] durante 2 segundos, hasta que aparezca el mensaje [L1] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] es mostrado indicando que la lámpara ha sido prendida.

- Para apagar la lámpara manualmente, pulsar la tecla [▲] durante 2 segundos, hasta que aparezca el mensaje [L1] en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dFF] es mostrado indicando que la lámpara ha sido prendida.

- Si la lámpara es prendida manualmente, esta permanecerá prendida hasta que sea apagada manualmente, o si la puerta es abierta, y después cerrada (en esa condición, la lámpara permanecerá prendida por el tiempo especificado en [F45] y/o [F46], lo que ocurra primero).

### 5.11 - Activar / desactivar aviso sonoro (buzzer)

Para desactivar el aviso sonoro (buzzer), pulse las teclas [▼] y [SET] (toque corto). Al desactivar el aviso sonoro (buzzer), los siguientes mensajes serán mostrados en la pantalla el controlador: [buz] [dFF].

El buzzer será reactivado automáticamente cuando no haya más ninguna alarma activa.

### 5.12 - Activar / desactivar alarmas

Para inhibir la salida de alarma caso alguna alarma esté activa y si [F44]=1 (Modo de operación de la salida AUX: Salida AUX para alarma), pulse las teclas [▲] y [SET] (toque corto). Al desactivar la salida de alarma, los siguientes mensajes serán mostrados en la pantalla el controlador: [AL1] [dFF]. Los avisos visuales y sonoros (buzzer) aun permanecen activos, aunque la salida de alarma sea desactivada. Alarmas de sensor desconectado ([E-1], [E-2]) no se pueden desactivar. El software Sitrad aun registrará la alarma, aunque este haya sido desactivada manualmente. La salida de alarma será reactivada automáticamente cuando no haya más ninguna alarma activa.

Obs. 1: Las alarmas de temperatura alta/baja son automáticamente desactivadas durante los ciclos de deshielo y drenaje, pero no serán desactivados caso hayan sido detectados antes del instrumento haber iniciado el ciclo de deshielo/drenaje.

### 5.13 - Bloqueo / Desbloqueo de teclas

El bloqueo de teclas tiene como objetivo proteger el controlador contra alteraciones indebidas de sus parámetros de configuración.

Para realizar el bloqueo de las teclas es necesario inicialmente, que el parámetro "F52 - Tiempo para bloqueo de teclas" esté configurado con el valor diferente de "14 - [0n]" (de 15 a 60 segundos). Si F52 está programado como [0n] el bloqueo de teclas no serán permitidos. Para bloquear, pulse la tecla [▼] por el tiempo programado en la función F52, hasta el controlador mostrar el mensaje [L0C], enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] es mostrado indicando que el bloqueo de teclas fue activado.

Si las teclas están bloqueadas, el usuario podrá apenas ver el valor actual del setpoint y de los parámetros configurados en el controlador. En esta condición, caso el usuario intente alterar la configuración de alguno de esos parámetros, el mensaje [L0C] será mostrado en pantalla.

Para desbloquear las teclas, apague el controlador y vuelva a prenderlo con la tecla [▼] presionada. Mantenga la tecla [▼] presionada durante 10s, hasta que el mensaje [L0C] sea mostrado en pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dFF] aparecerá indicando que el bloqueo de teclas fue desactivado.

### 5.14- Activación / Desactivación de las funciones de control

La activación/desactivación de las funciones permite colocar el controlador en un estado de "Stand-by", donde el solamente realiza la lectura de las temperaturas de los sensores. Todas las funciones de control son desactivadas (incluyendo las alarmas), y todas las salidas permanecen apagadas. La comunicación con el Software Sitrad continúa activa.

La desactivación del compresor, caso las funciones de control sean desactivadas, respetará la función [F47] (Tiempo mínimo de compresor prendido), o [F49] (Tiempo de compresor prendido en caso de error en el sensor S1).

El accionamiento del compresor, caso las funciones de control sean activadas, respetará la función [F48] (Tiempo mínimo de compresor apagado), o [F50] (Tiempo de compresor apagado en caso de error en el sensor S1).

Si las funciones de control han sido desactivadas a través de la tecla de acceso facilitado y el instrumento es interrumpido, al alimentarlo nuevamente, el mismo volverá a operar con las funciones de control desactivadas.

Si las funciones de control han sido desactivadas, cuando sean activadas el instrumento respetará las funciones [F09] (Retraso del control en la puesta en marcha) y [F18] (deshielo en la puesta en marcha del controlador), y el contador de tiempo de etapa es reiniciado.

El permiso para activar/desactivar las funciones de control del instrumento a través de la tecla de acceso facilitado, dependerá del valor configurado en la función [F53] (Desactivación de las funciones de control), pero la activación/desactivación de las funciones de control a través de la entrada digital ([F43]=4 o [F43]=8) no dependerá del valor configurado en la función [F53].

Para desactivar las funciones de control vía tecla de acceso facilitado, el usuario deberá oprimir la tecla durante [▲] 10 s, hasta que el mensaje [L1] aparezca en la pantalla; enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [dFF] aparecerá, indicando que las funciones de control han sido desactivadas. Mientras las funciones de control estén apagadas, el controlador alternará los siguientes mensajes en la pantalla: [000] (Temperatura en el Sensor 1) y [dFF].

Para reactivar las funciones de control, en caso que hayan sido desactivadas vía tecla de acceso facilitado, el usuario deberá oprimir la tecla [▲] por 10 s, hasta que el mensaje [L1] aparezca en la pantalla, enseguida suelte la tecla, y finalmente el mensaje [0n] aparecerá, indicando que las funciones de control han sido reactivadas.

Para reactivar las funciones de control caso ellas hayan sido desactivadas por la entrada digital ([F43]=4 o [F43]=8) y también por la tecla de acceso facilitado (pulsado de la tecla [▲] por 10 s), es necesario que las funciones de control sean reactivadas a través de la tecla de acceso facilitado y por la entrada digital; de forma que ambos métodos de activación/desactivación del sistema permitan que las funciones de control sean activadas.

Si [F53]=1 o [F53]=2 (desactivación de las funciones de control permitido) y las funciones de control hayan sido desactivadas vía tecla de acceso facilitado, al cambiar la función [F53] para "0" (desactivación de las funciones de control no permitida), el instrumento volverá a activar las funciones de

control y la desactivación de las funciones de control a través de la tecla de acceso facilitado es desactivada.

## 5.15 - Señales

Las señales luminosas indican el estado de las salidas de control:

**COMP:** Compresor o solenoide de gas líquido

**FANS:** Ventiladores del evaporador

**DEFR:** Deshielo (resistencia o gas caliente)

**AUX:** Salida auxiliar

[E-1]: Sensor ambiente desconectado o fuera del rango

[E-2]: Sensor del evaporador desconectado o fuera del rango

[R-L]: Alarma de temperatura ambiente baja

[R-H]: Alarma de temperatura ambiente alta

[ ]: Siempre que el deshielo termine por tiempo y no por temperatura, un punto situado en el ángulo inferior derecho de la pantalla permanecerá parpadeando hasta el próximo deshielo. Cuando el deshielo termine por tiempo y no por temperatura, eso indica que uno (o más) de los casos a seguir están ocurriendo:

- El intervalo entre deshielos está muy largo
- Existen resistencias quemadas
- El gas caliente no está circulando
- Algun ventilador inoperante o en cortocircuito
- El tiempo ajustado para duración máxima de deshielo muy pequeño

[PPP]: Parámetros de configuración inválidos.

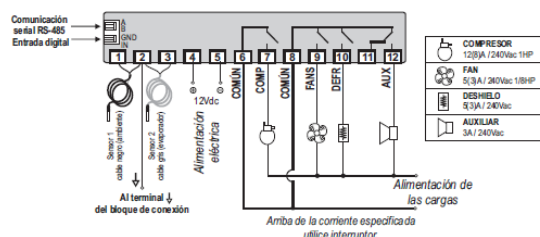
- En esta condición las salidas son apagadas automáticamente.

- Controle cual de los parámetros posee datos inválidos y corrija para volver a la operación normal.

[P-M]: Alarma de puerta abierta.

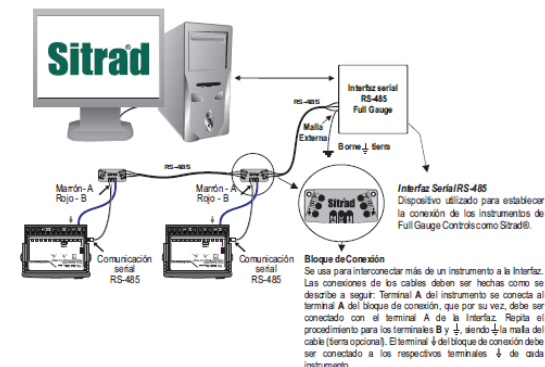
[D-F]: Cuando mostrada en rotación con la temperatura en S1) Funciones de control apagadas.

## 6. ESQUEMA DE CONEXIÓN



- El sensor S1 debe permanecer en el ambiente (negro).
- El sensor S2 debe permanecer fijado en el evaporador a través de la abrazadera metálica (gris).

## 7. INTERCONEXIÓN CONTROLADORES, INTERFAZ SERIAL RS-485 Y ORDENADOR

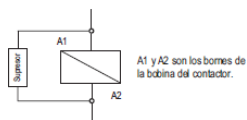


### IMPORTANTE

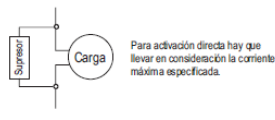
Conforme capítulos de la norma IEC 60364:

- 1: Instale protectores contra sobretensiones en la alimentación.
- 2: Los cables de sensores y de señales de computadora pueden estar juntos; sin embargo, no en el mismo electroducto por donde pasa la alimentación eléctrica y la activación de cargas.
- 3: Instale supresores de transientes (filtros RC) en paralelo a las cargas, con la finalidad de aumentar la vida útil de los relés.

### Esquema de conexión de supresores en contactores



### Esquema de conexión de los supresores en cargas de activación directa



Full Gauge Controls posee supresores para venta

**Nota:** El propio usuario puede aumentar la longitud del cable del sensor hasta 200 metros, utilizando un cable de PP 2 x 24 AWG. Para inmersión en agua utilice pozo termométrico.



### INFORMACIONES AMBIENTALES

#### Embalaje:

Los materiales utilizados en los embalajes de los productos Full Gauge Controls son 100% reciclables. Busque siempre agentes de reciclaje especializados para hacer el descarte.

#### Producto:

Los componentes utilizados en los instrumentos Full Gauge Controls pueden ser reciclados y aprovechados nuevamente si fueren desmontados por empresas especializadas.

#### Descarte:

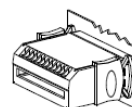
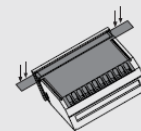
No quemar ni tirar en residuo doméstico los controladores que lleguen al fin de su vida útil. Observe la legislación, existente en su país, que trate de los destinos para los descartes. En caso de dudas comuníquese con Full Gauge Controls.



### VINILO PROTECTOR:

Protege los instrumentos instalados en locales sometidos a goteos de agua, como en refrigeradores comerciales, por ejemplo. Este adhesivo acompaña el instrumento, adentro de su embalaje. Haga la aplicación solamente después de concluir las conexiones eléctricas.

Retire el papel protector y aplique el vinilo sobre toda la parte superior del aparato, doblando los bordes conforme indican las flechas.



Las dimensiones del corte para posicionar el instrumento

© Copyright 2013 • Full Gauge Controls® • Todos los derechos reservados



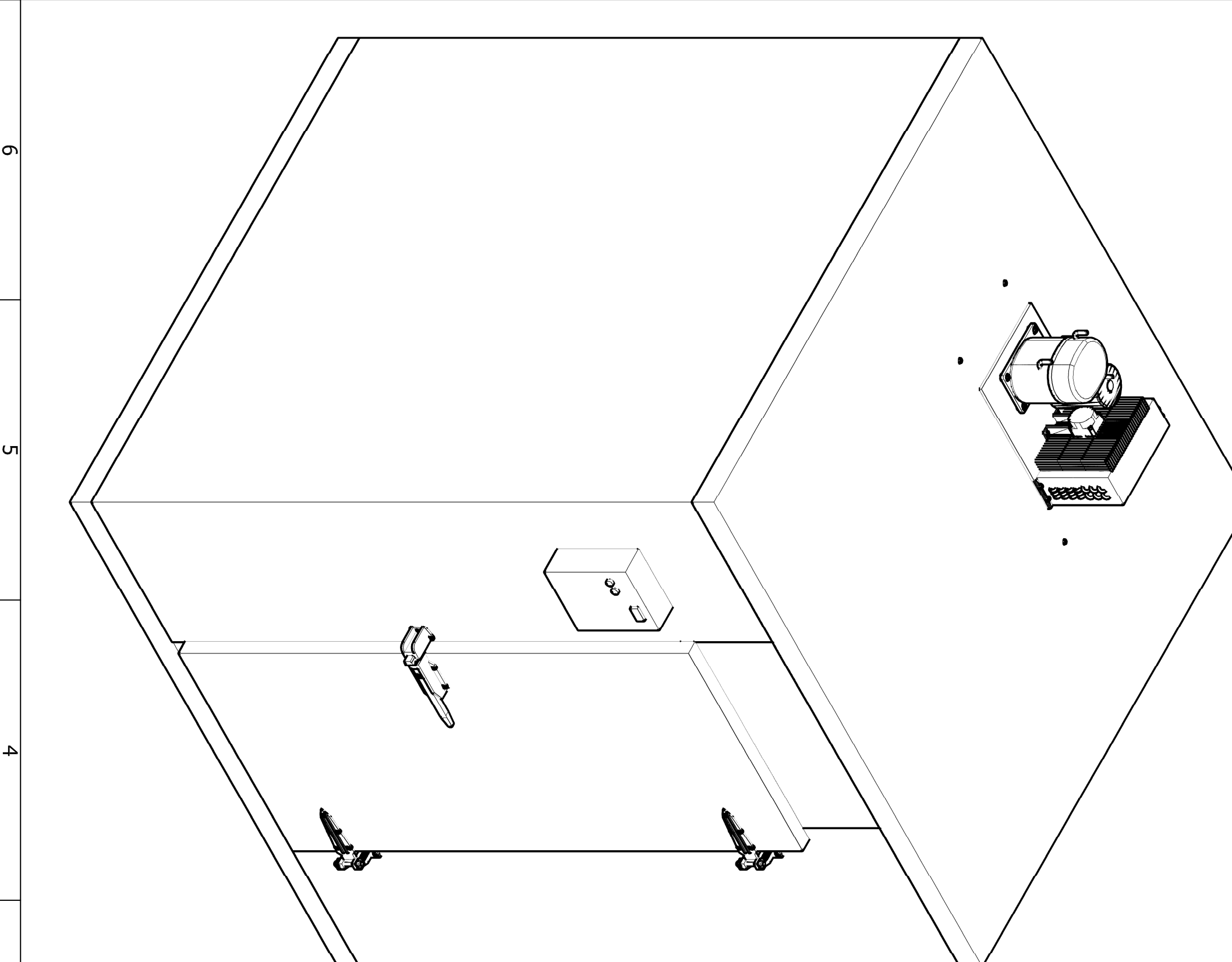
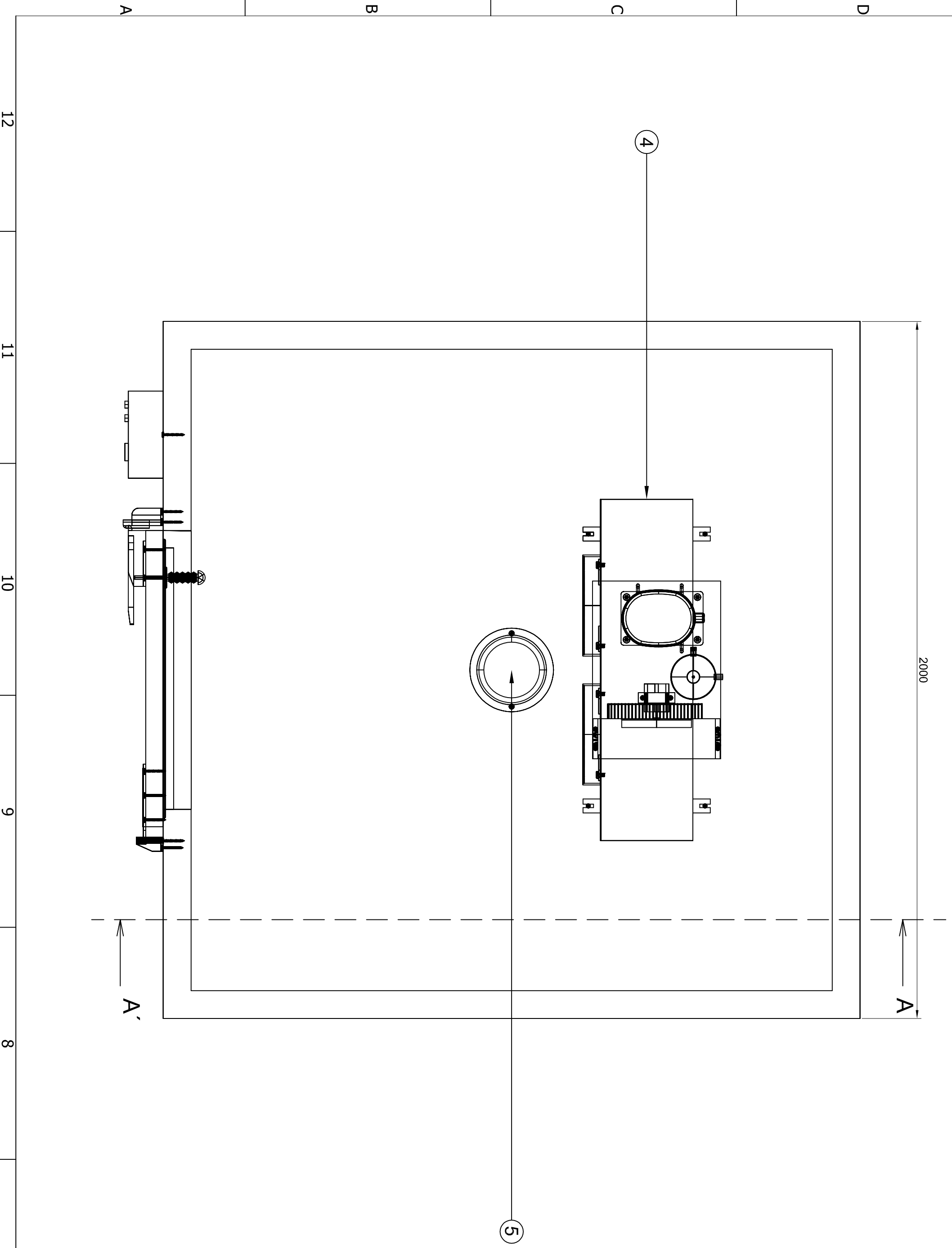
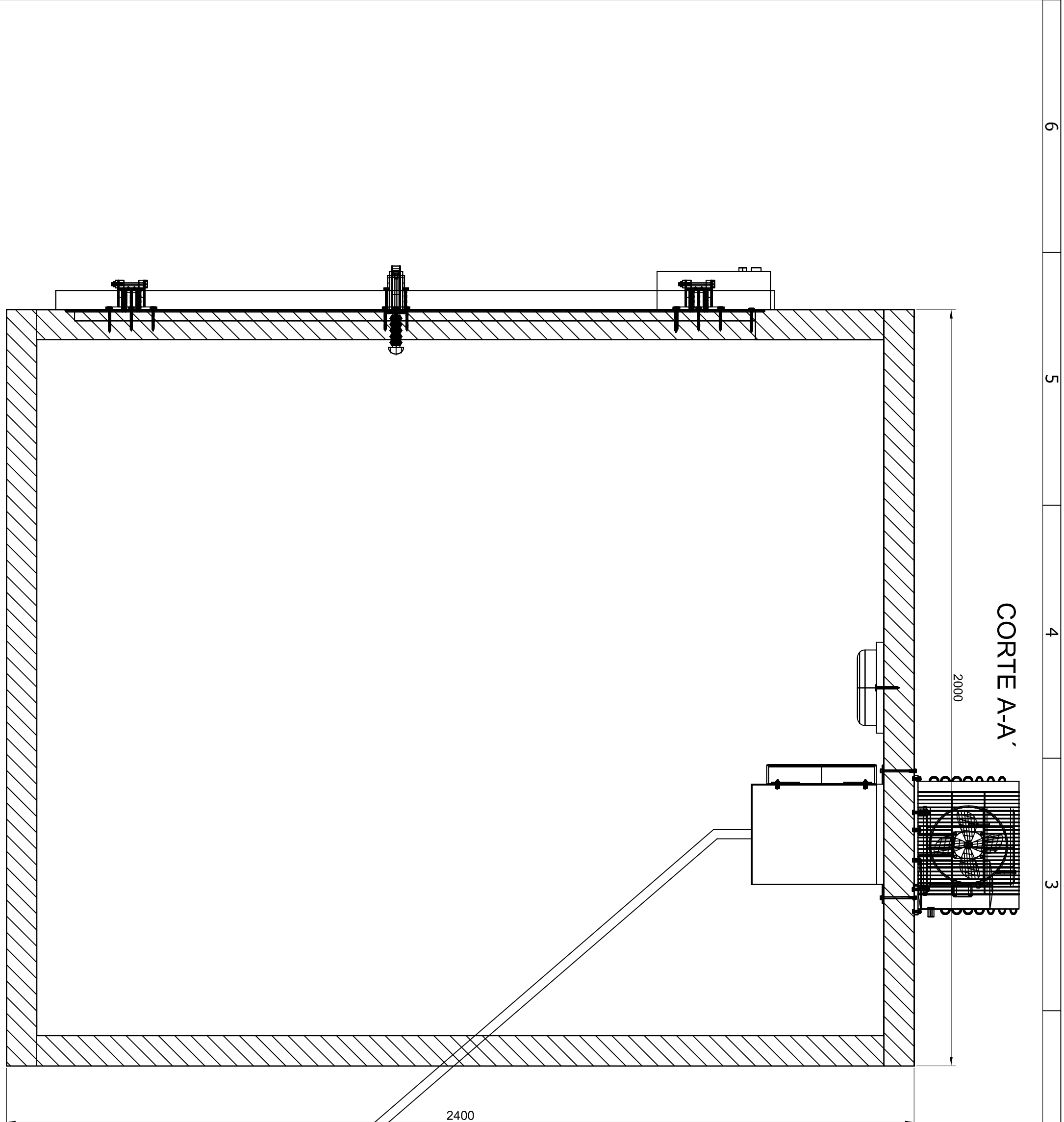
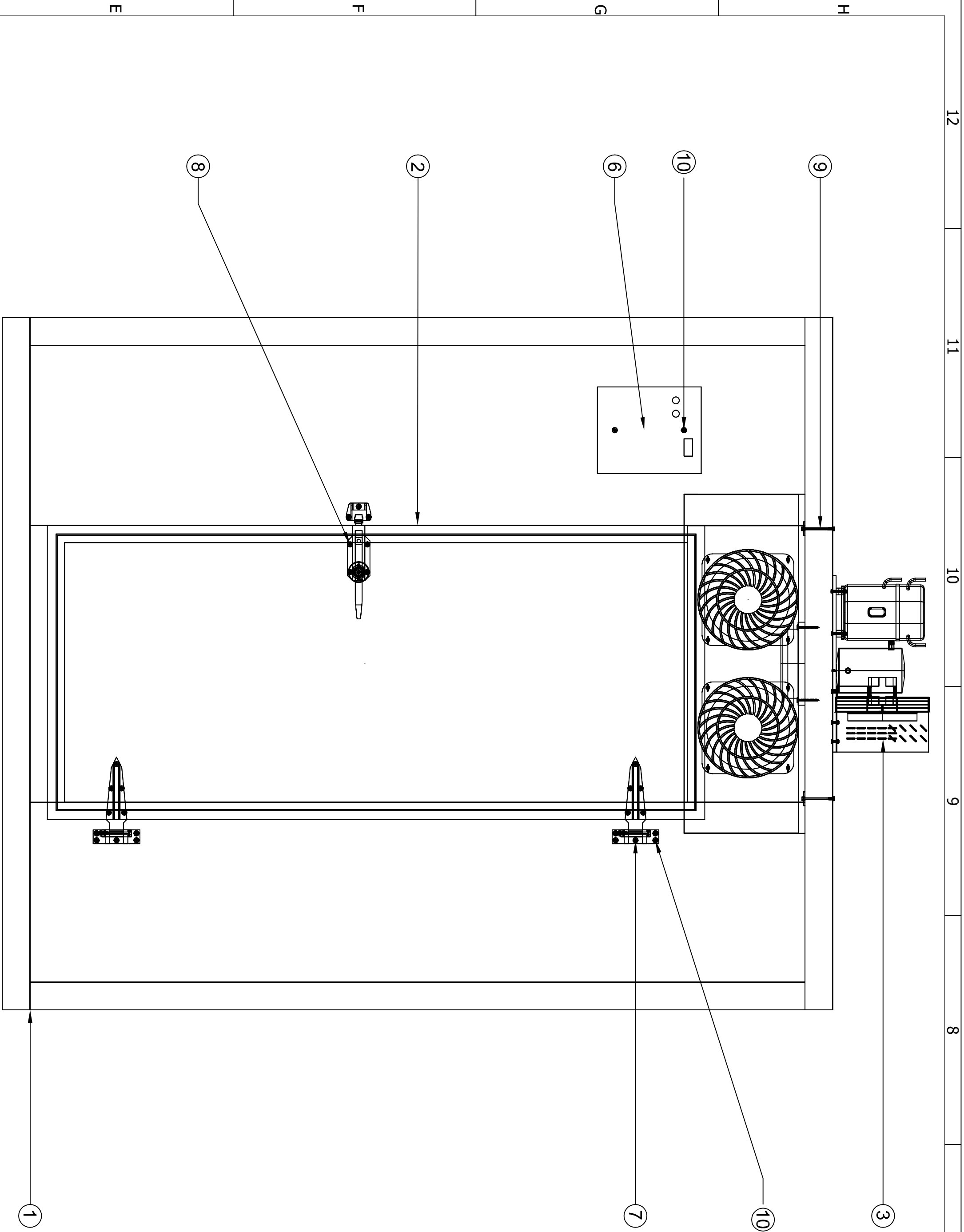
## Anexo 11 Diámetros recomendados para tuberías para refrigerante R-404a

Capacidad del Sistema BTU/H	DIAMETRO DE LA TUBERIA DE SUCCION (pulg.)																				
	TEMPERATURA DE SUCCION																				
	+20° F Longitud Equivalente						+10° F Longitud Equivalente						-10° F Longitud Equivalente						-20° F Longitud		
	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'
1,000	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	3/8	3/8	1/2
3,000	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	1/2	1/2	5/8
4,000	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8
6,000	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8
9,000	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8
12,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8
15,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8
18,000	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8
24,000	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
30,000	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
36,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8
42,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
48,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
54,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
60,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8
66,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
72,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
78,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8
84,000	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8
90,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8
120,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
150,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
180,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8
210,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
240,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
300,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8
360,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8
480,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8
600,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8

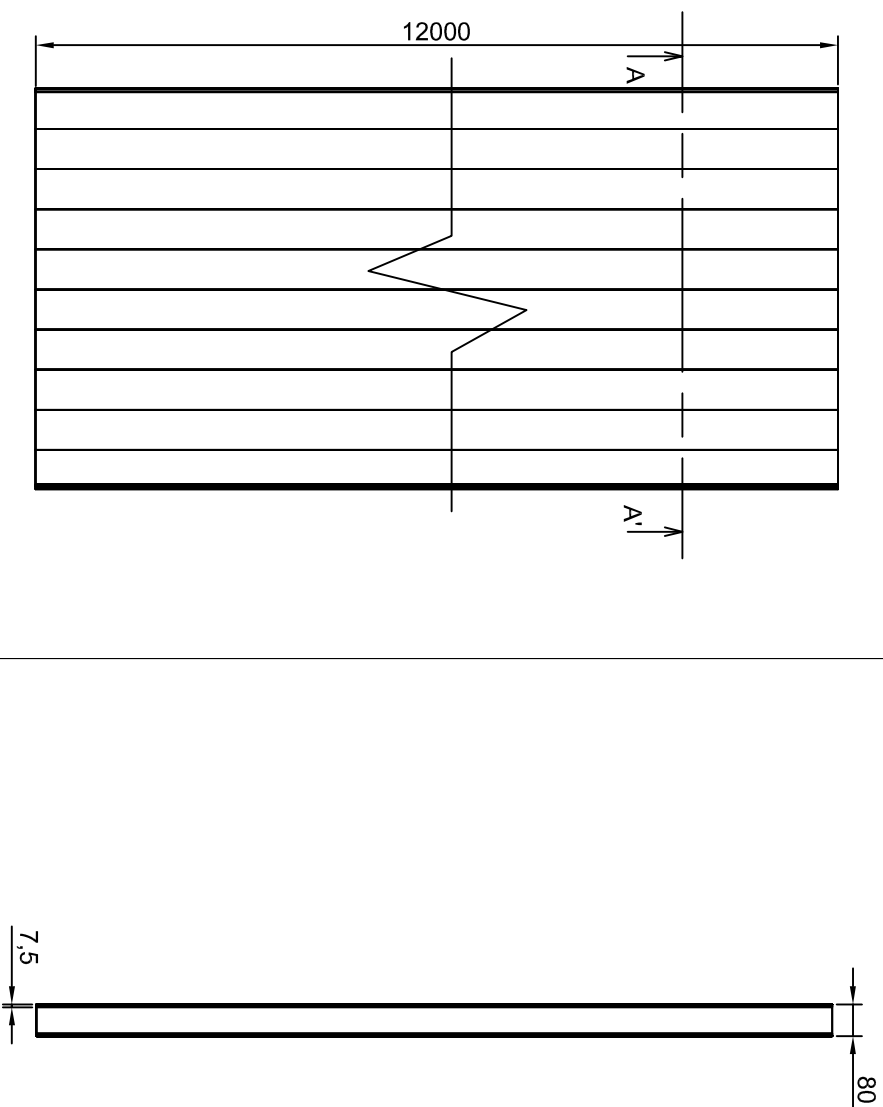
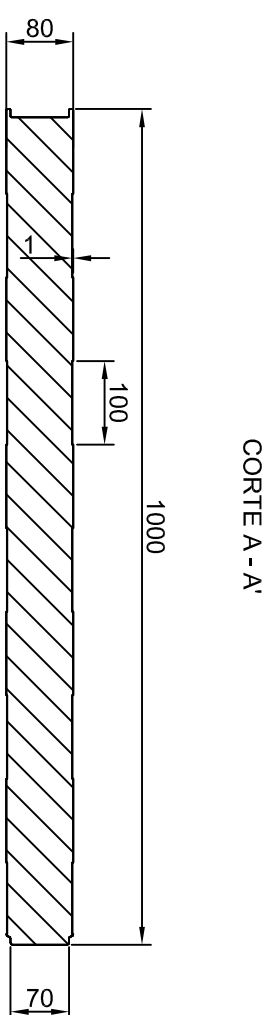
\* Los valores sombreados corresponden a los diámetros de tubería de succión máximos recomendados para los elevadores. El diámetro del elevador no debe exceder el diámetro horizontal. Las trampas de succión deben colocarse adecuadamente para el buen retorno del aceite. El D.E. corresponde a tubería de cobre tipo L.

# Los diámetros de la tubería de succión están seleccionados a una caída de presión equivalente a 2°F (1.11°C). La estimación de la capacidad del sistema se reduce en consecuencia.  
Si la carga del sistema se reduce por abajo del 40% de la de diseño, la consideración de doble elevador debe aplicarse.

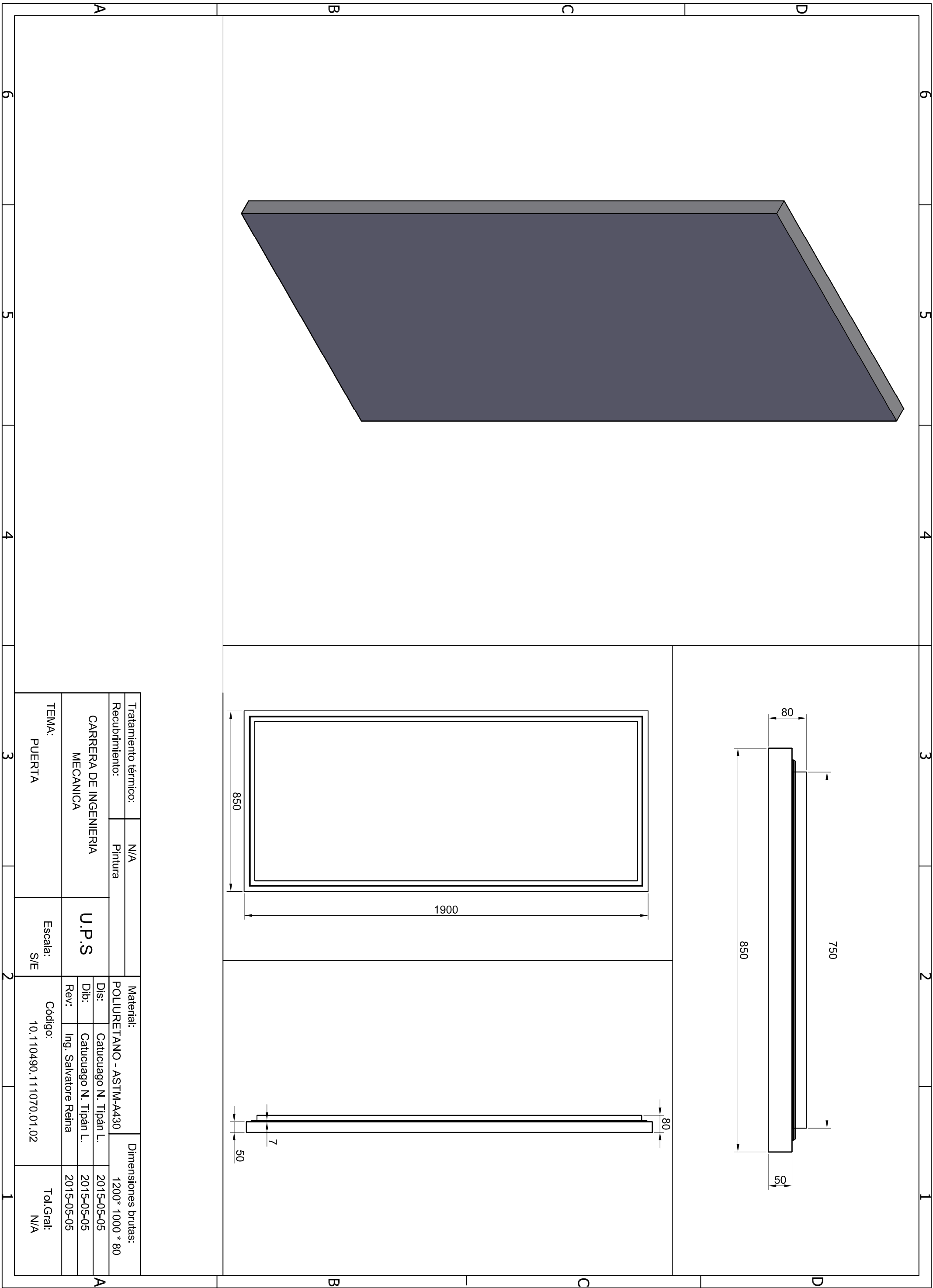
## **Anexo 12 Planos**

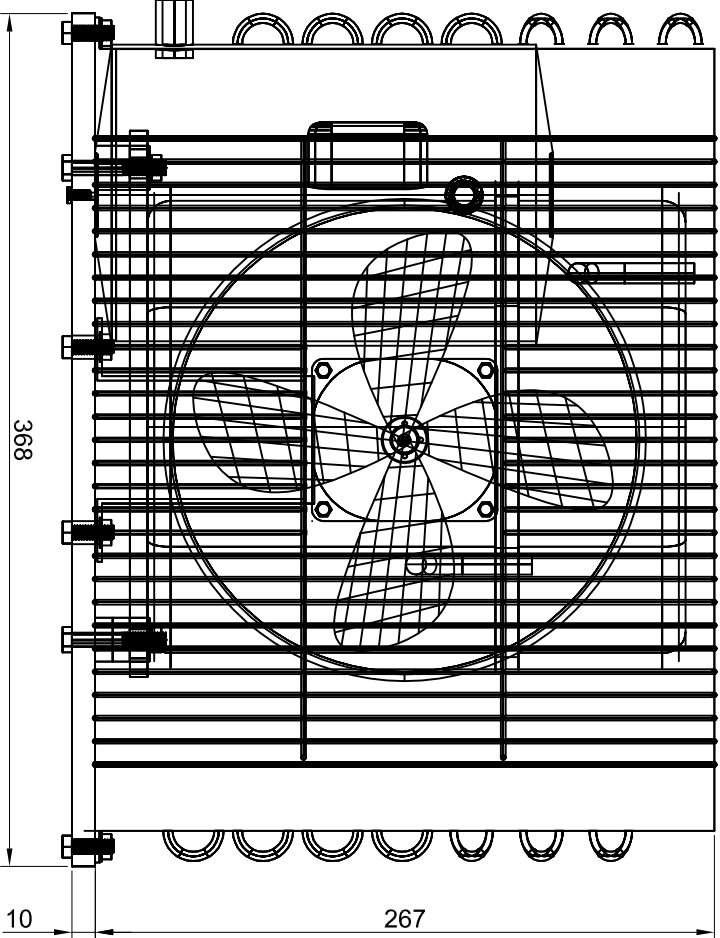
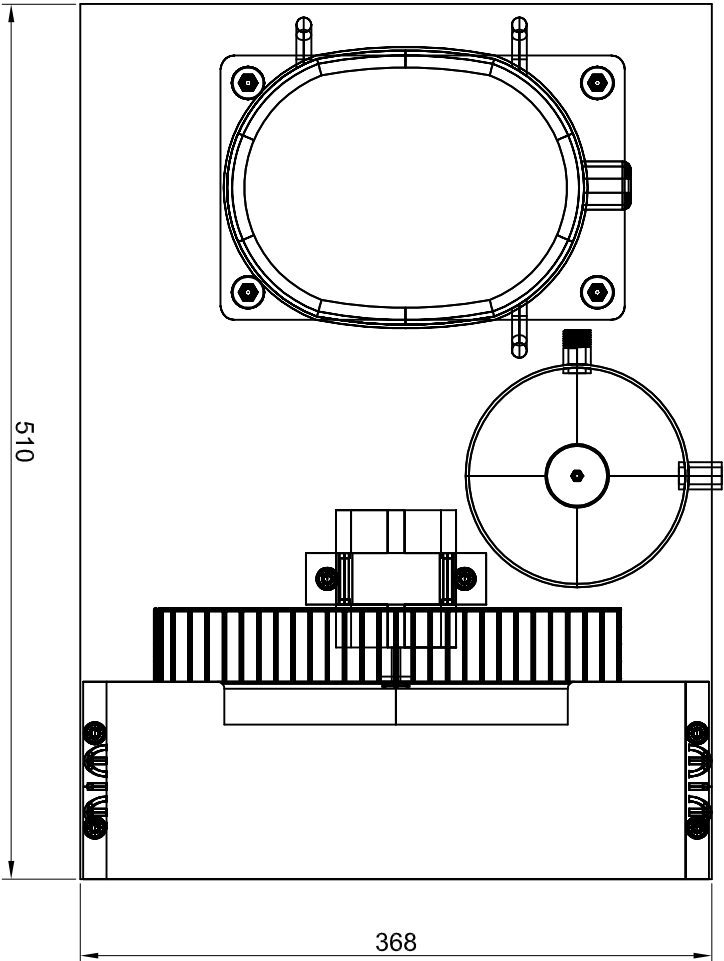
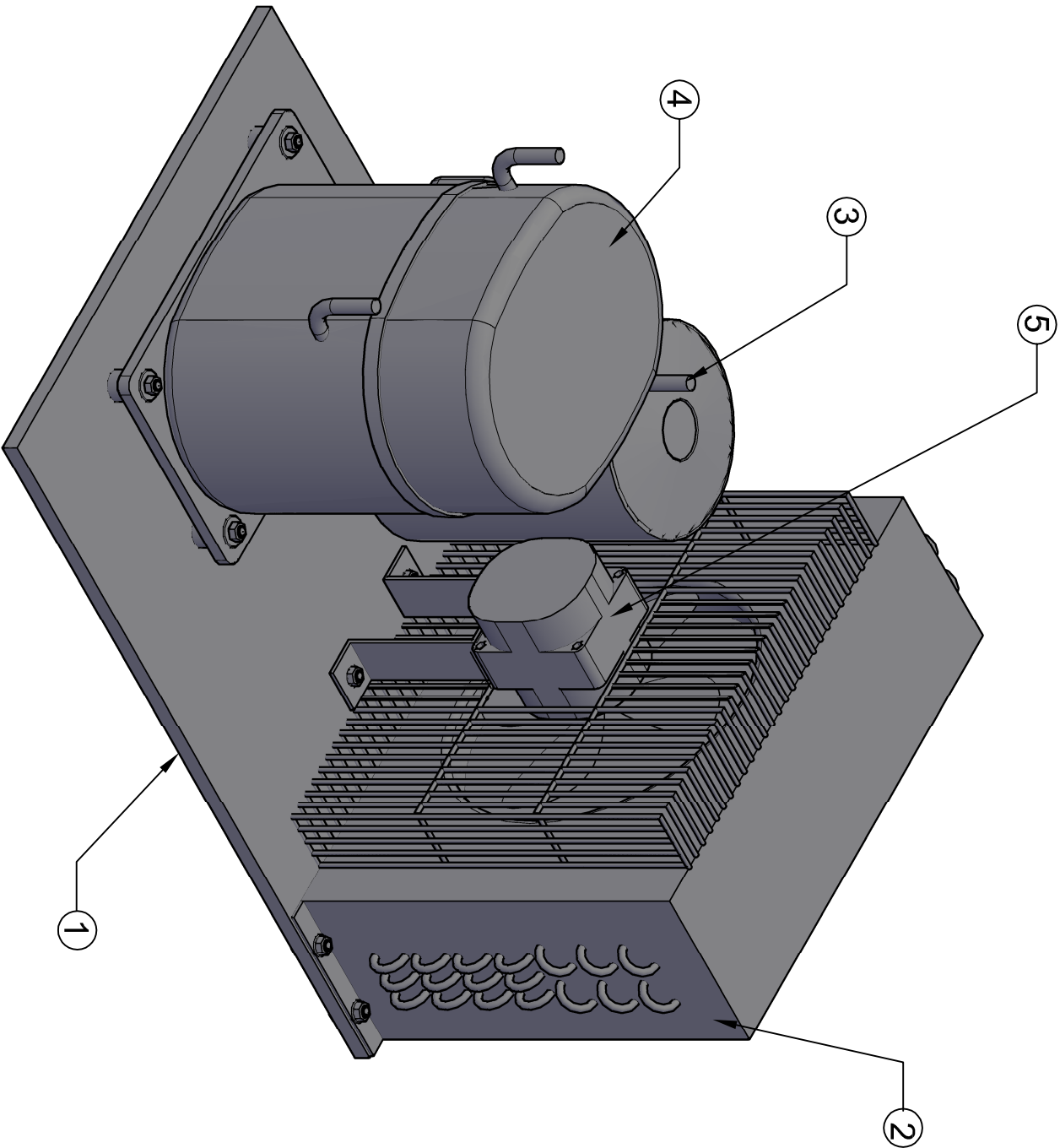


10	Tornillo	27	AS1 4140	#8 x 50	ASTM A-653
9	Perno	4	AS1 4140	M8 x 90	ASTM A-653
8	Cerrojo OKL-12	1	10.110490.111070.07	250x60x10	
7	Brigra OKL-12	2	10.110490.111070.06	250x140x10	
6	Caja de Control	1	10.110490.111070.05	300x300x100	
5	Lámpara	1	VIDRIO	Ø 300	
4	Evaporador	1	10.110490.111070.04	900x400x400	
3	Unidad Condensadora	1	10.110490.111070.03	400x260x350	
2	Puerta	1	10.110490.111070.02	ASTM A-430 1220x2440x0.07	
1	Panel Polivireano	1	10.110490.111070.01	ASTM A-653 12000x1000x80	
Ref.: Denominación: Cant: Código Material Dim. Brutas. Observaciones:					
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S		
TEMA: Cámara Frigorífica			Escala: 1:10		
			Códigos: 10.110490.111070.00		
			Tol.Gral: N/A		
			Dib: Calucargo N. - Tiban L. 2015-05-05		
			Rev: Ing. Salvatore Reina 2015-05-05		



Tratamiento térmico:		N/A		Material:		Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:		Pintura		POLIURETANO - ASTM-A653		1200 * 1000 * 80	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S		Dis:		2015-05-05	
				Dib:		2015-05-05	
				Rev:		2015-05-05	
				Código:		Tol.Gral:	
TEMA: PANEL DE ESTRUCTURA		Escala: S/E		10.110490.111070.01.01		N/A	

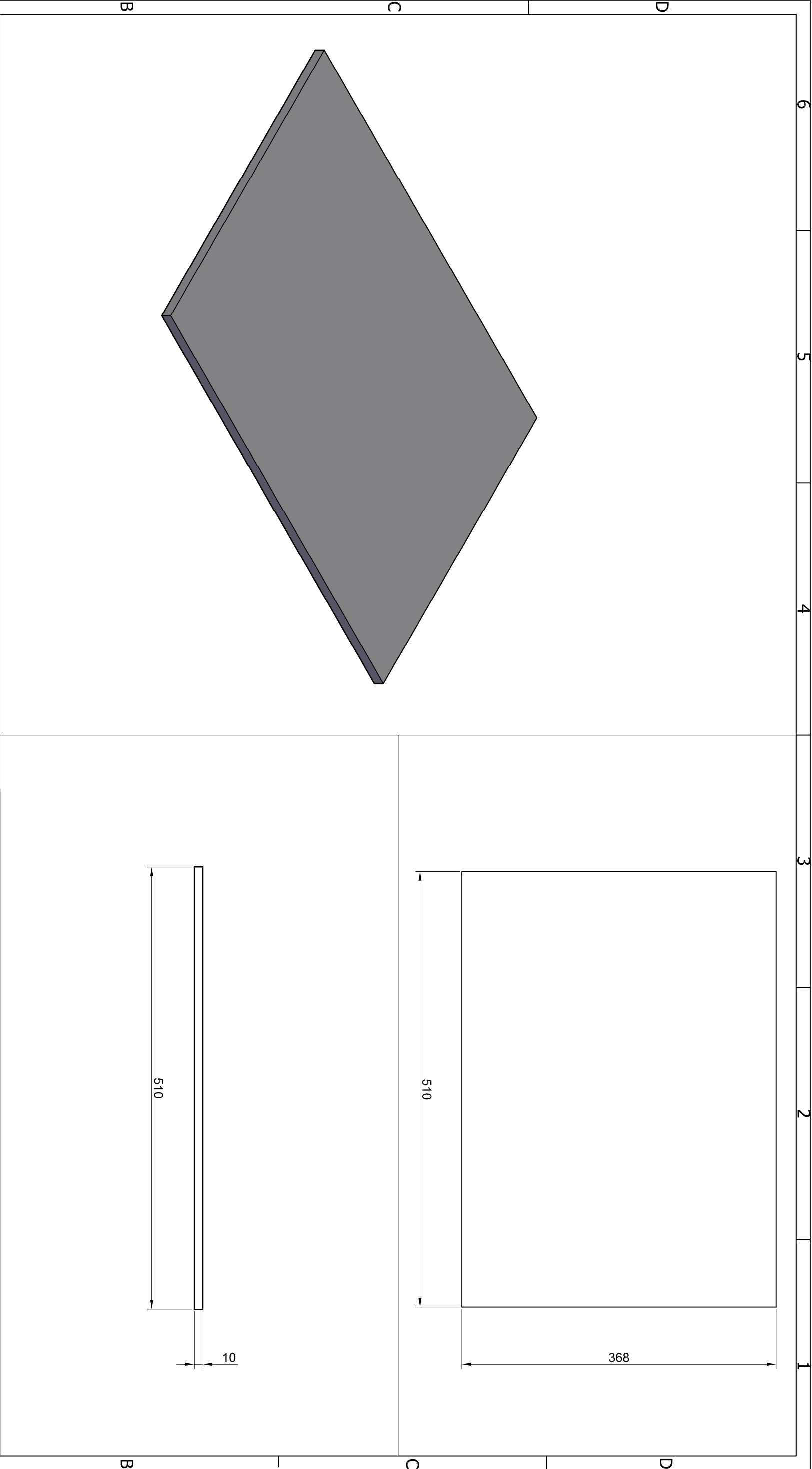




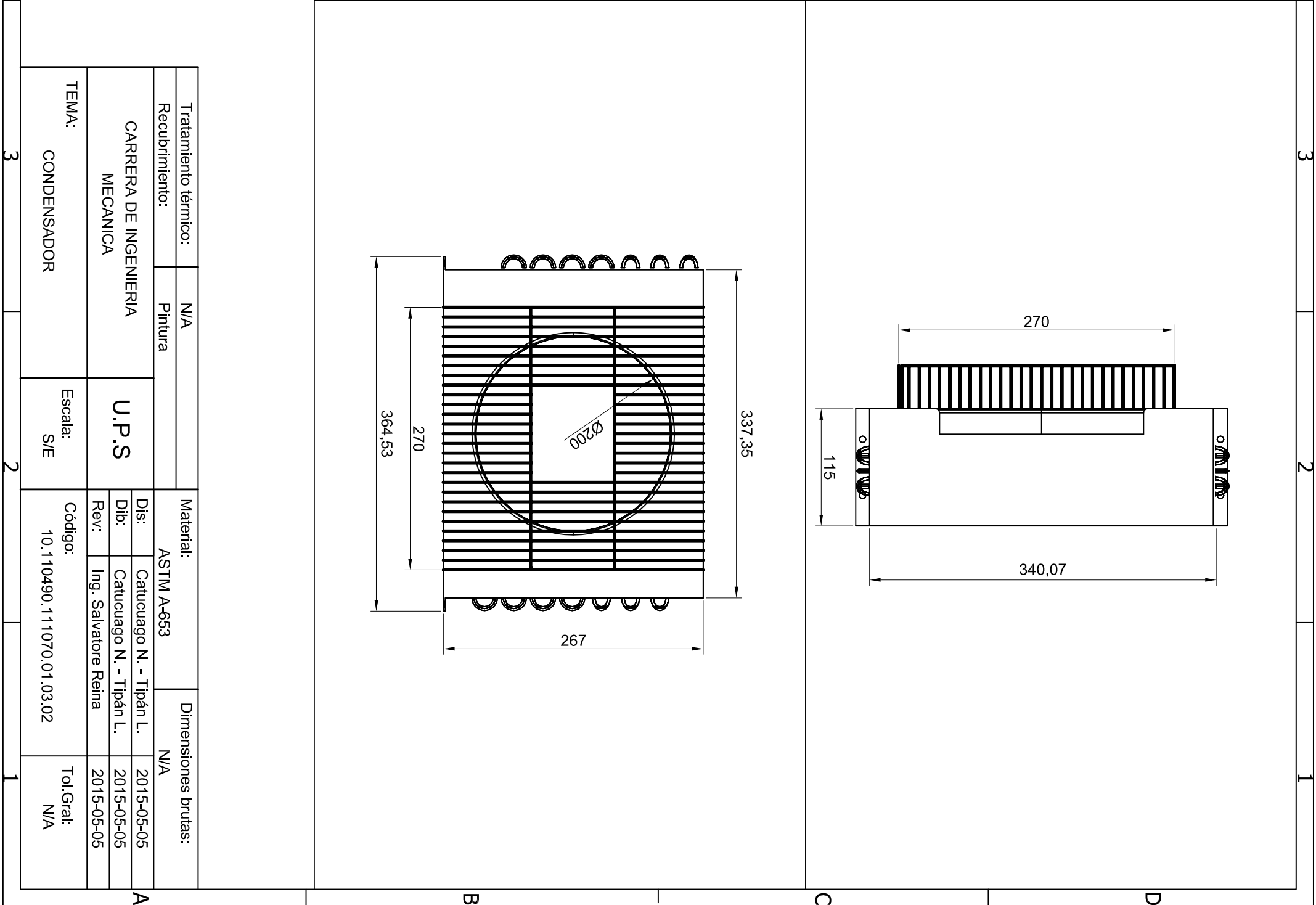
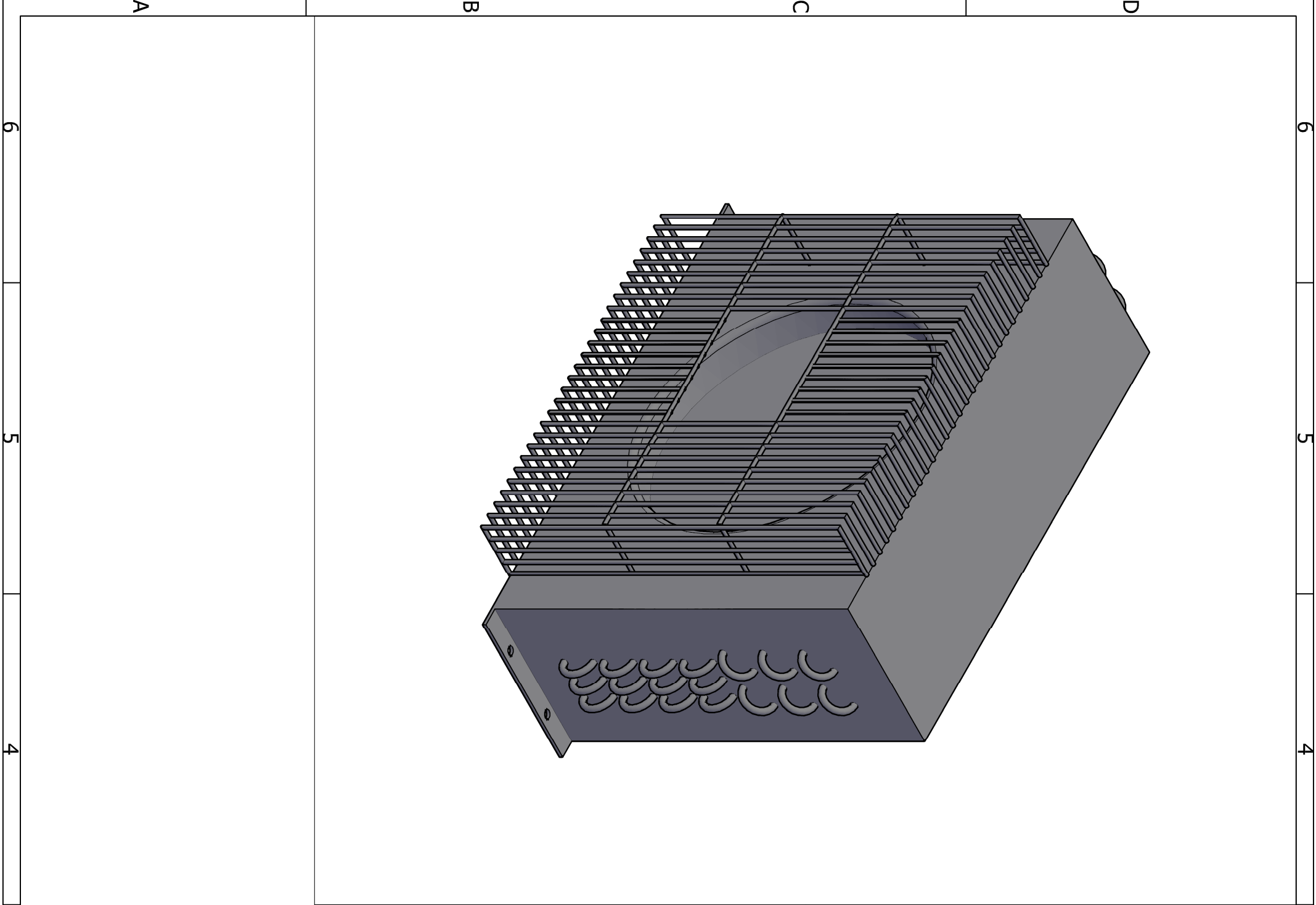
5	Motor Ventilador	1	10.110490.111070.001.03.05		80x70x70	
4	Compresor	1	10.110490.111070.001.03.04	ASTM A-36	164x235,5x232	
3	Receptor de Líquido	1	10.110490.111070.001.03.03	ASTM A-36	100x200	
2	Condensador	1	10.110490.111070.001.03.02	Acero A-653	267x150	
1	Placa base	1	10.110490.111070.001.03.01	ASTM A-36	368x510x10	
Ref.	Denominación.	Cant.	Código.	Material.	Dim. Brutas.	Observaciones.

CARRERA DE INGENIERIA		U.P.S		Dis:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05
MECANICA				Dib:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05
				Rev:	Ing. Salvatore Reina	2015-05-05

TEMA:	UNIDAD CONDENSADORA	Escala:	N/A	Código:	10.110490.111070.01.03	Tol.Gral:	N/A
-------	---------------------	---------	-----	---------	------------------------	-----------	-----

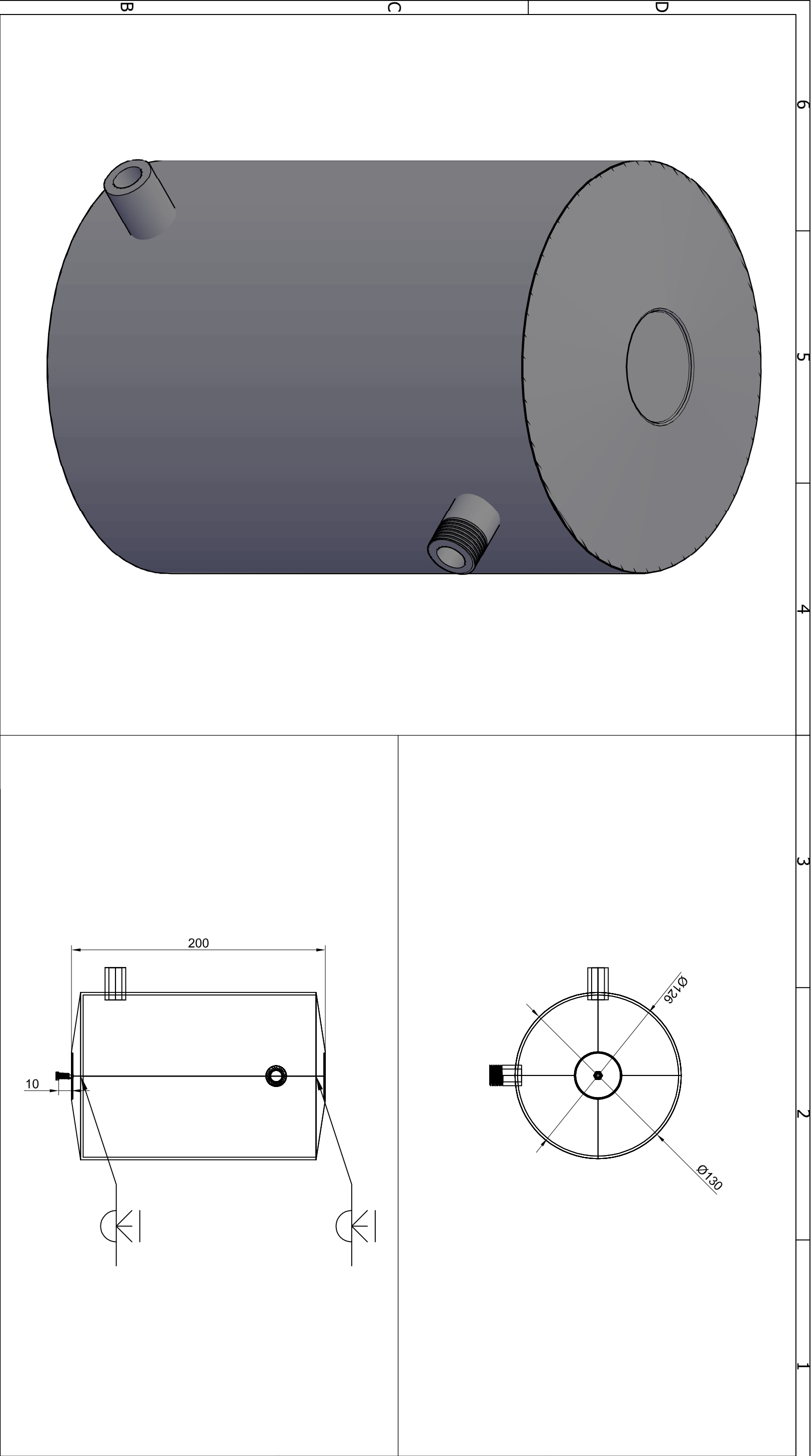


Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:		Tematización:			
Tematización:</					

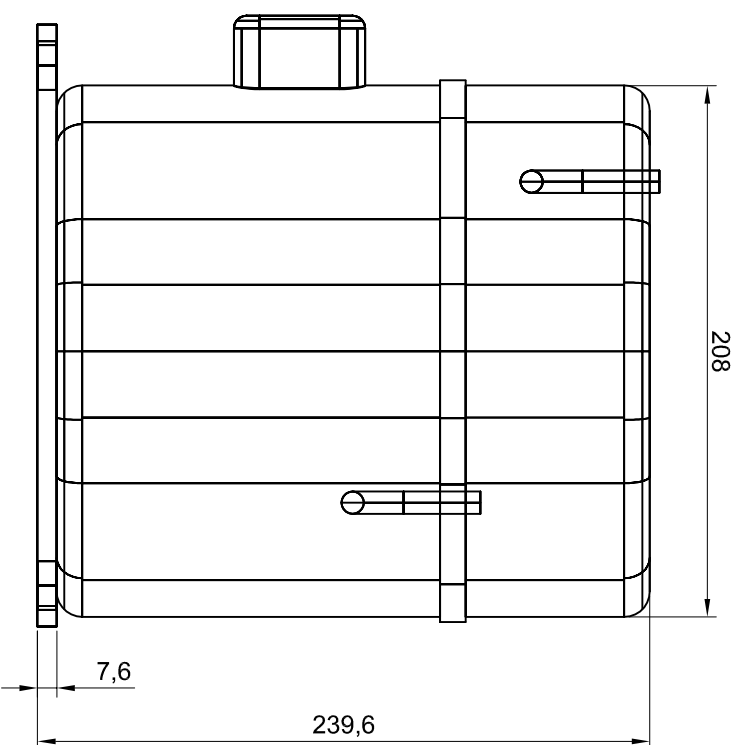
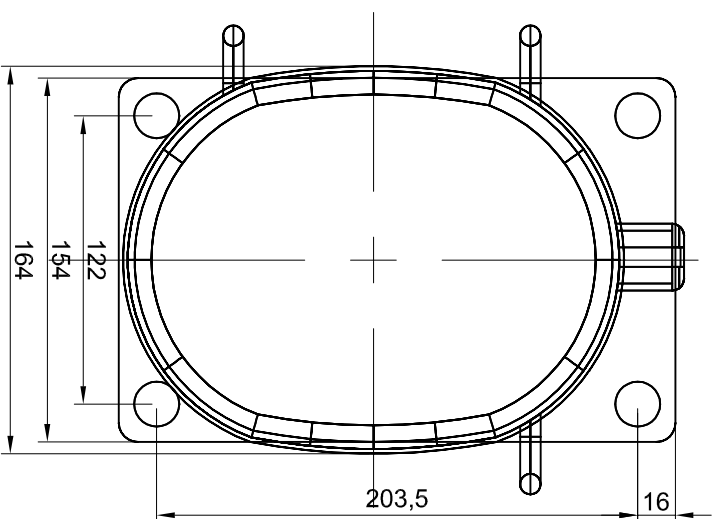
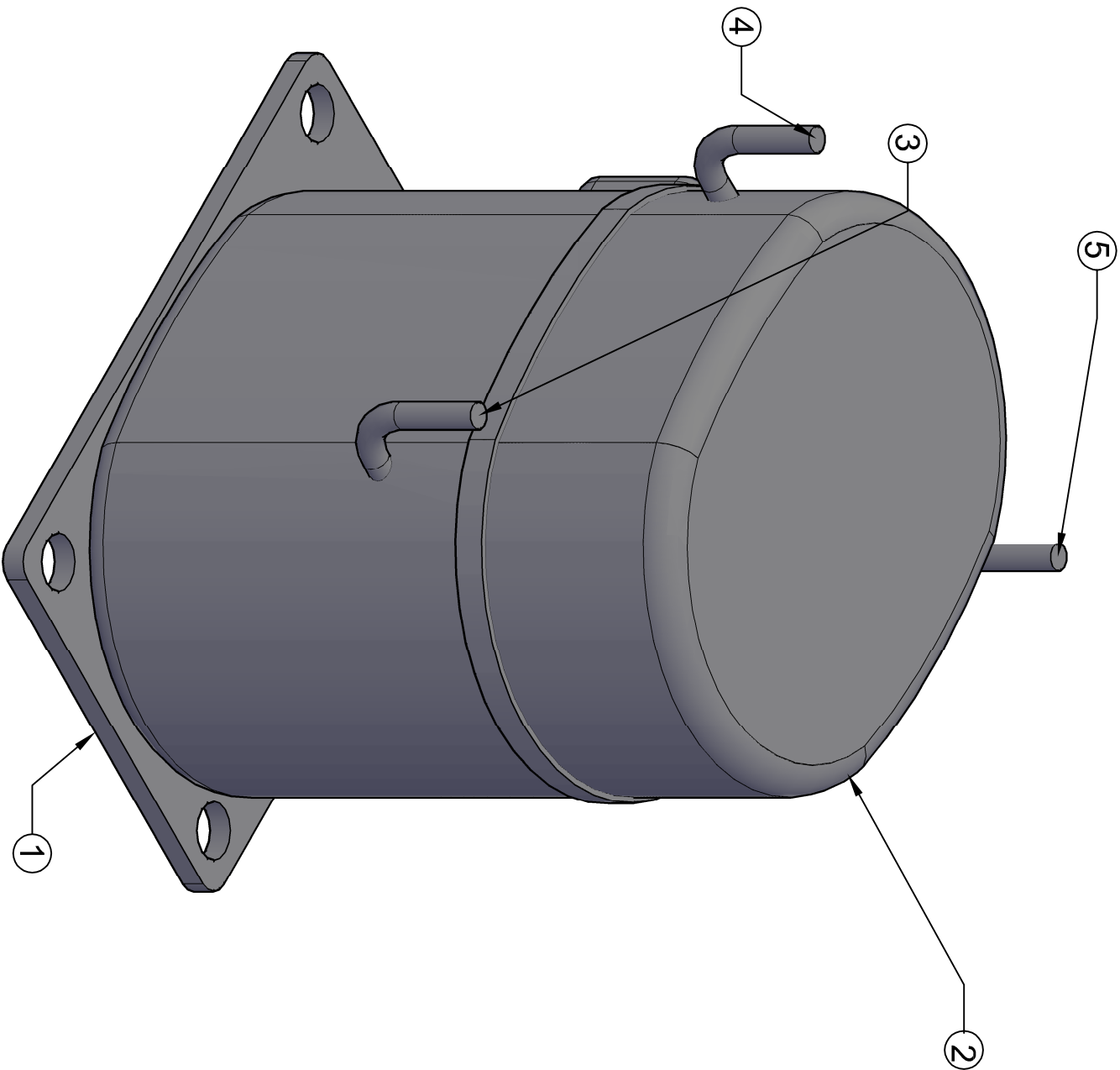


Tratamiento térmico:		N/A		Material:		Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:		Pintura		ASTM A-653		N/A	
CARRERA DE INGENIERIA		U.P.S		Dis:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05	
MECANICA				Dib:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05	
				Rev:	Ing. Salvatore Reina	2015-05-05	
TEMA:		Escala:		Código:		Tol.Gral:	
CONDENSADOR		S/E		10.110490.111070.01.03.02		N/A	





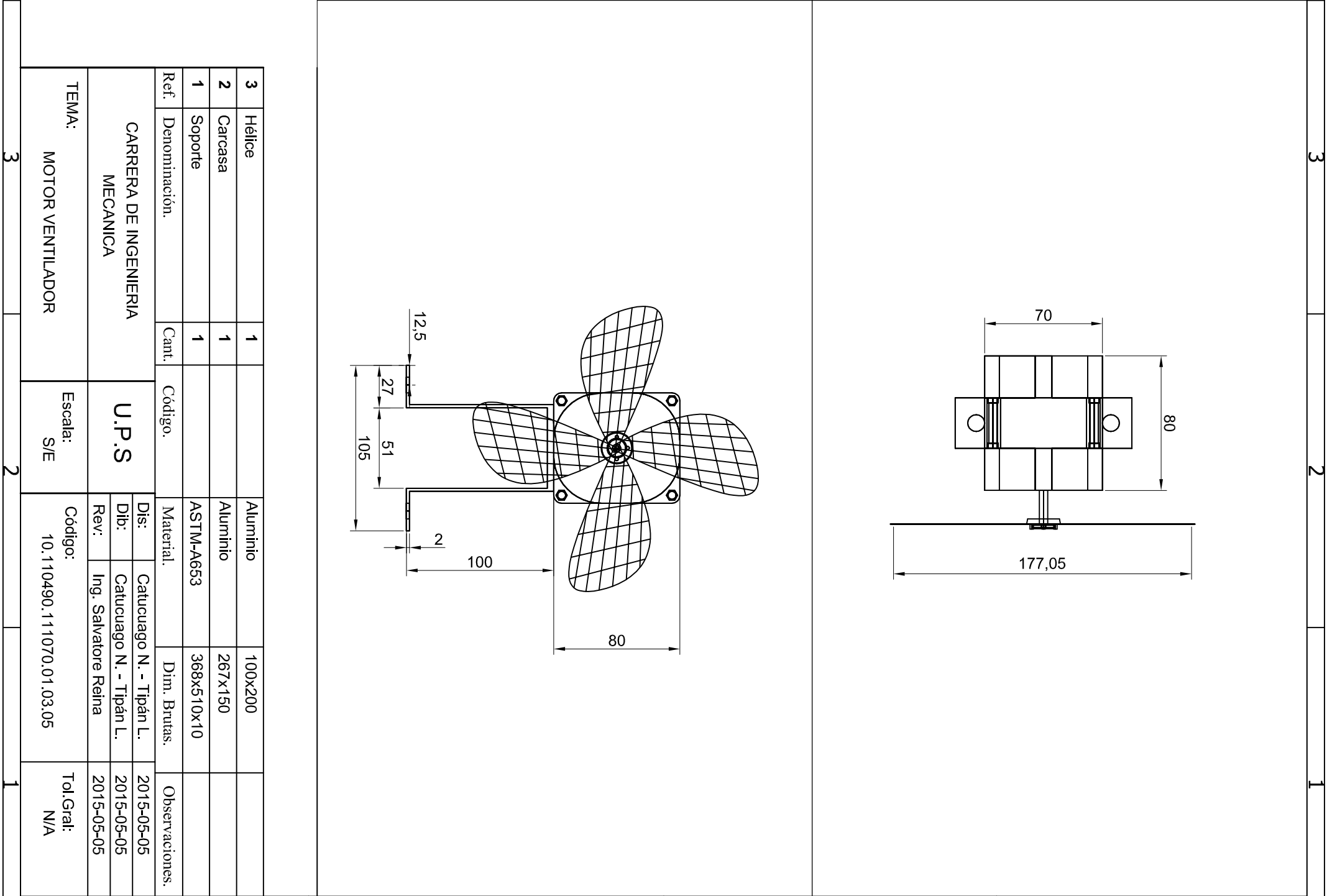
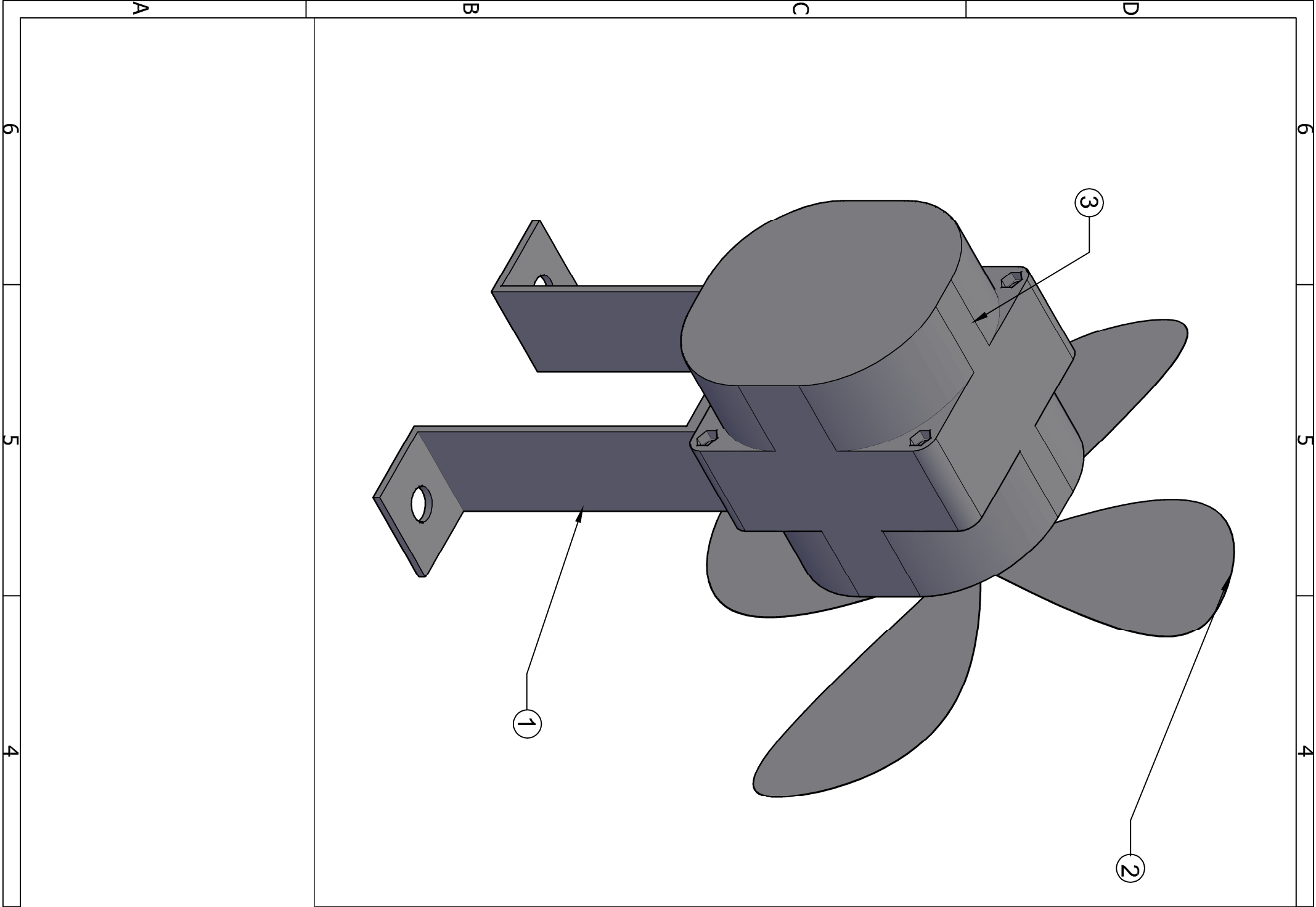
Tratamiento técnico:		N/A		Material:		Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:		Pintura		ASTM A-36		Ø 130 * 205 * 2	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S		Dis:	Catucuego N. Tipán L.	2015-05-05	
				Dib:	Catucuego N. Tipán L.	2015-05-05	
				Rev:	Ing. Salvatore Reina	2015-05-05	
TEMA: RECEPTOR DE LÍQUIDO		Escala: S/E		Código: 10.110490.111070.01.03.03		Tol.Gral: N/A	

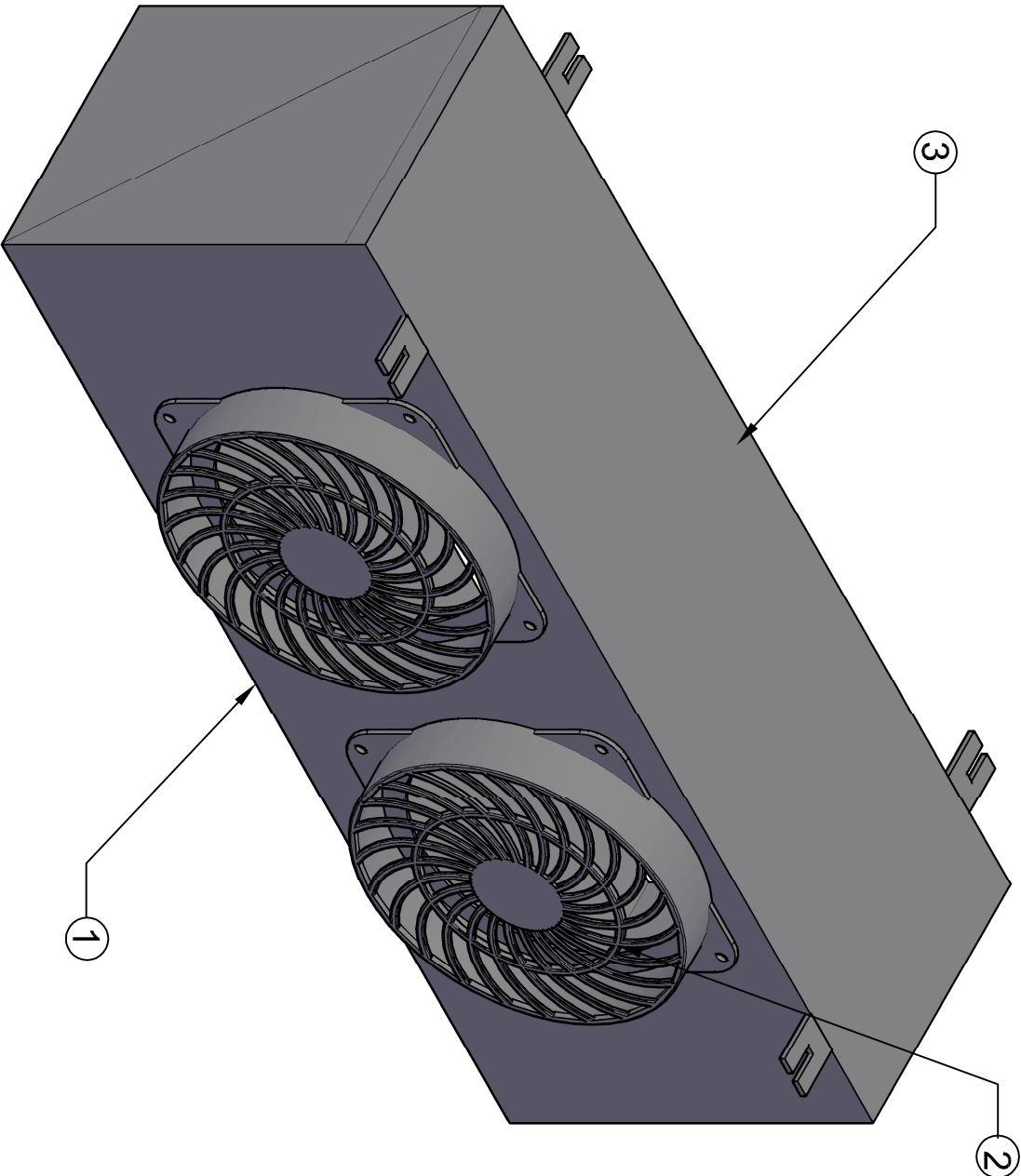
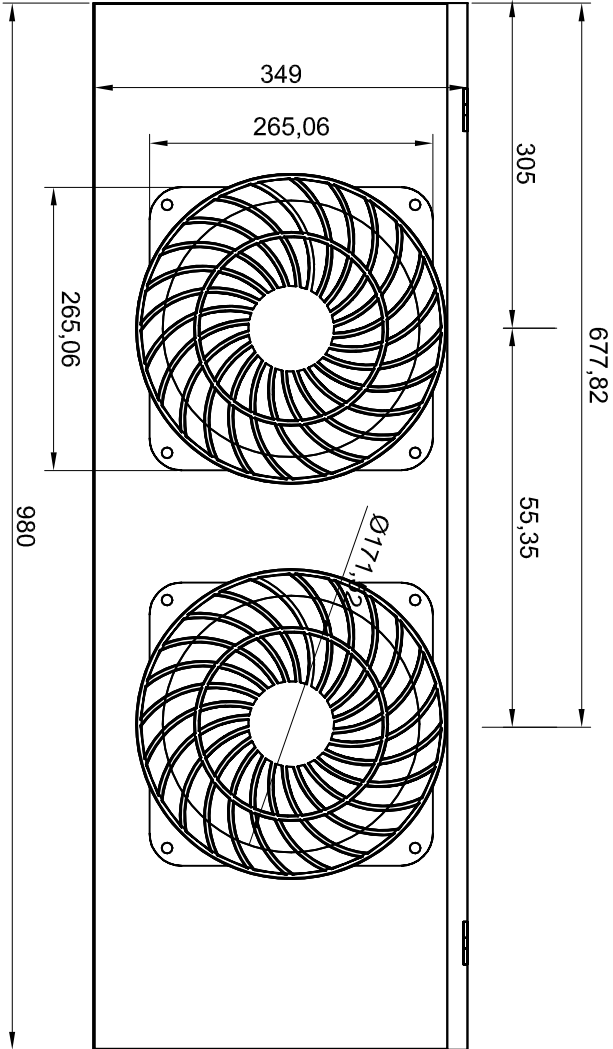
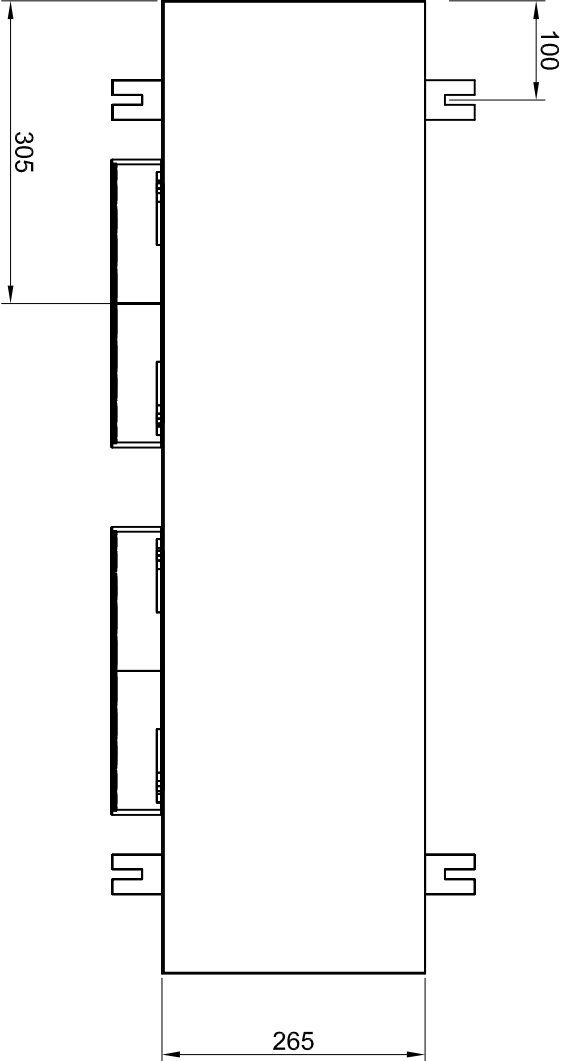


5	Línea de Succión	1			I.D. Ø 9.7	
4	Línea de Proceso	1			I.D. Ø 8.7	
3	Línea de Descarga	1			I.D. Ø 6.5	
2	Carcasa	2			ASTM A-36	213 x 232
1	Placa base	1			ASTM A-36	235.5 x 154 x 7.6
Ref.	Denominación.	Cant.	Código	Material.	Dim. Brutas.	Observaciones.

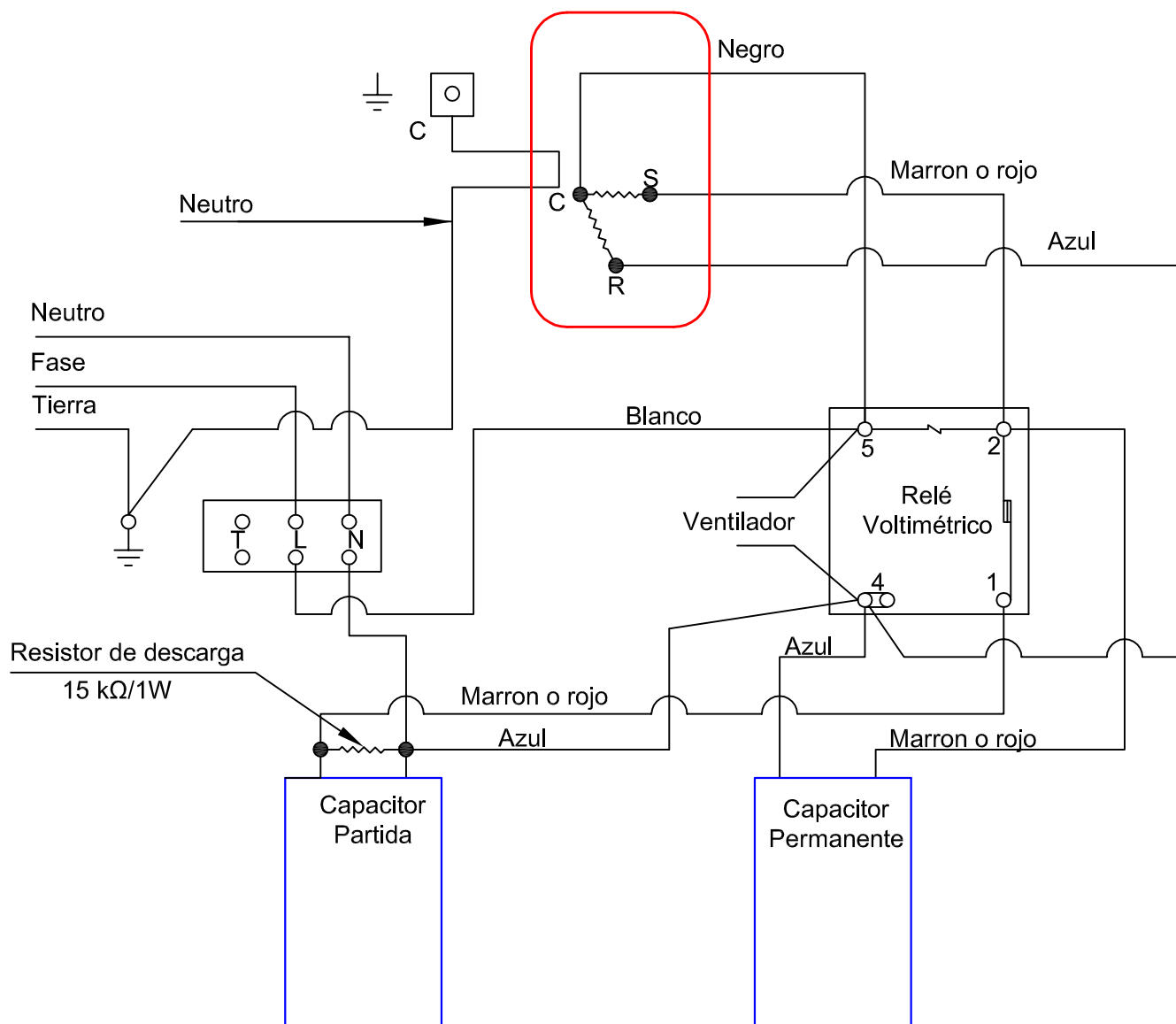
CARRERA DE INGENIERIA		U.P.S		Dis:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05
MECANICA				Dib:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05
				Rev:	Ing. Salvatore Reina	2015-05-05

TEMA:	COMPRESOR	Escala:	S/E	Código:	10.110490.111070.01.03.04	Tol.Gral:	N/A
-------	-----------	---------	-----	---------	---------------------------	-----------	-----



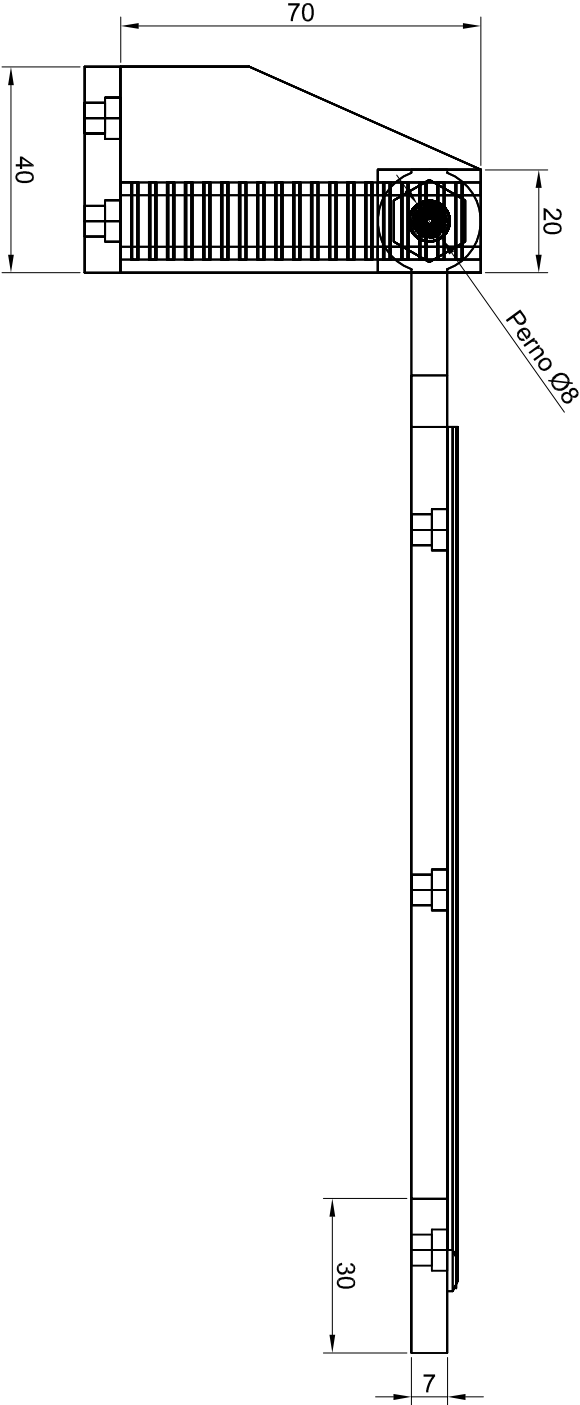
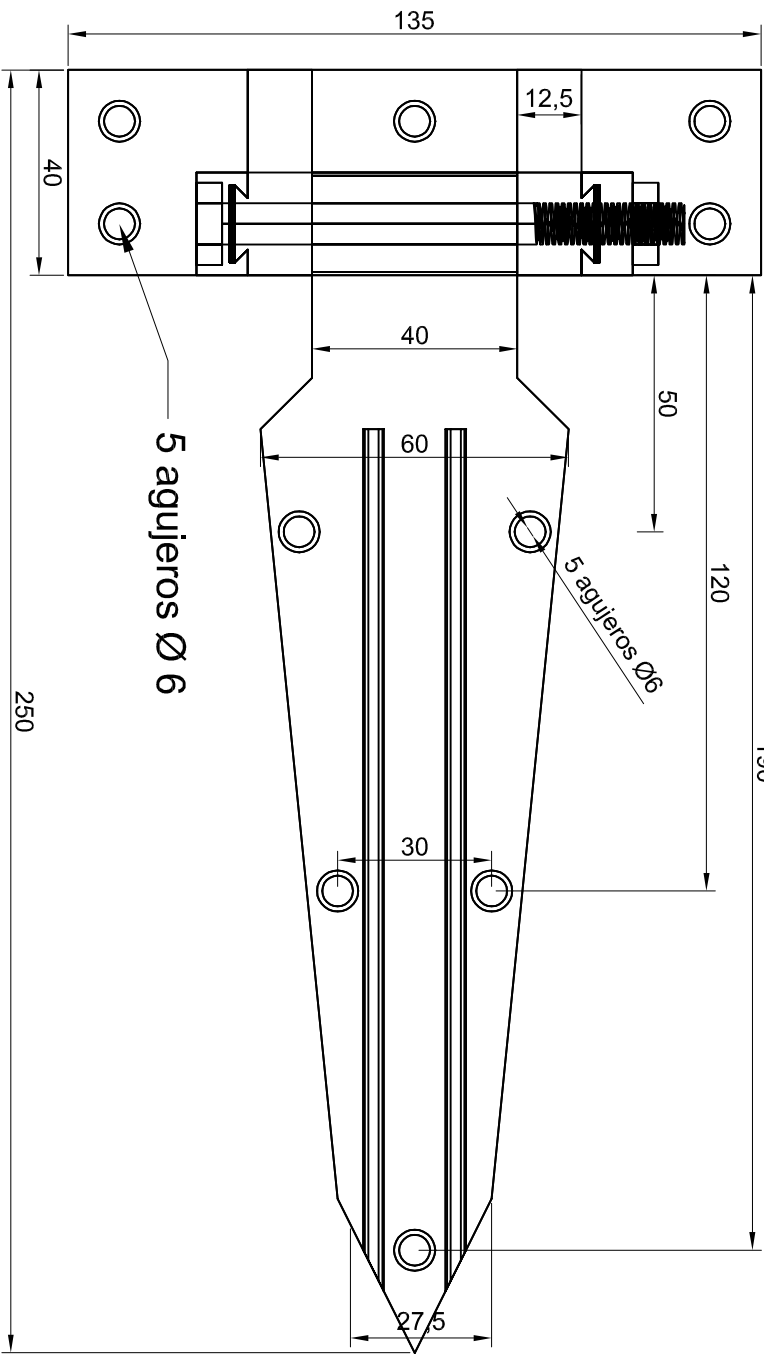
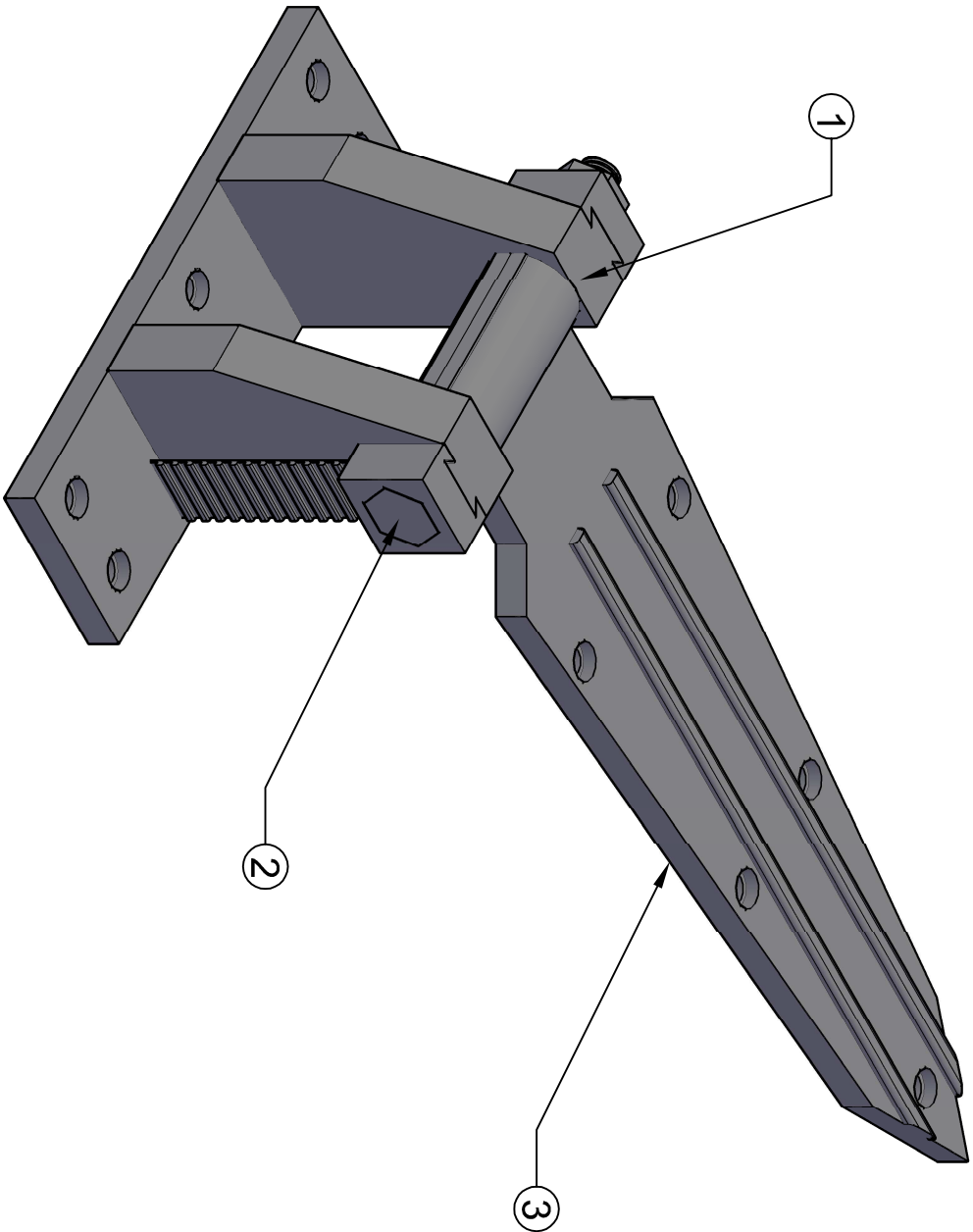


3	Evaporador	1		ASTM-A653	900x300*100	
2	Protector de Ventiladores	1		Plástico	Ø 290	
1	Carcasa	1		ASTM-A653	980x265x349	
Ref.	Denominación.	Cant.	Código.	Material.	Dim. Brutas.	Observaciones.
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S	Dis:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05
				Dib:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05
				Rev:	Ing. Salvatore Reina	2015-05-05
TEMA:	EVAPORADOR	Escala: S/E	Código: 10.110490.111070.01.04	Tol.Gral: +/- 1.00		

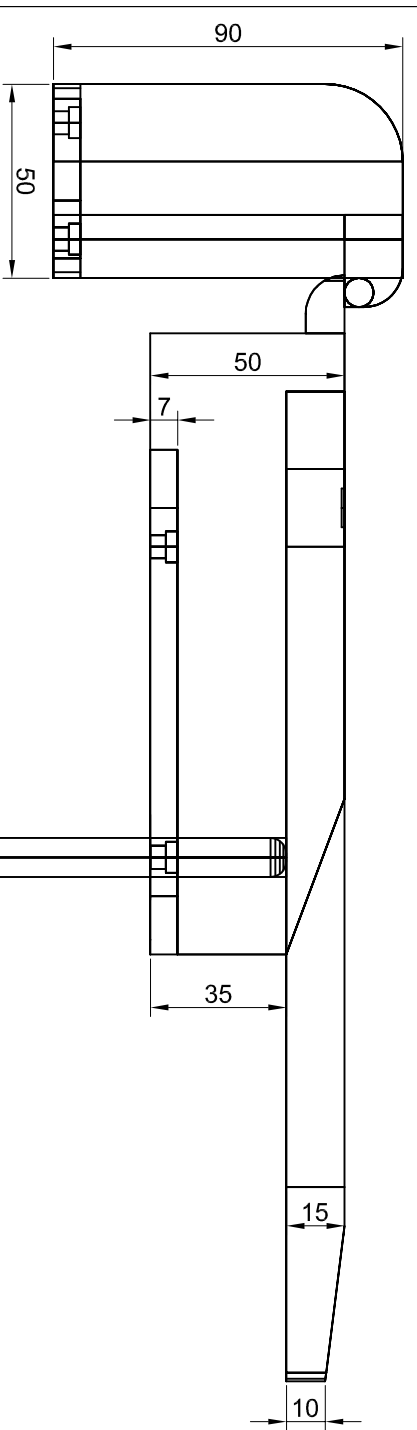
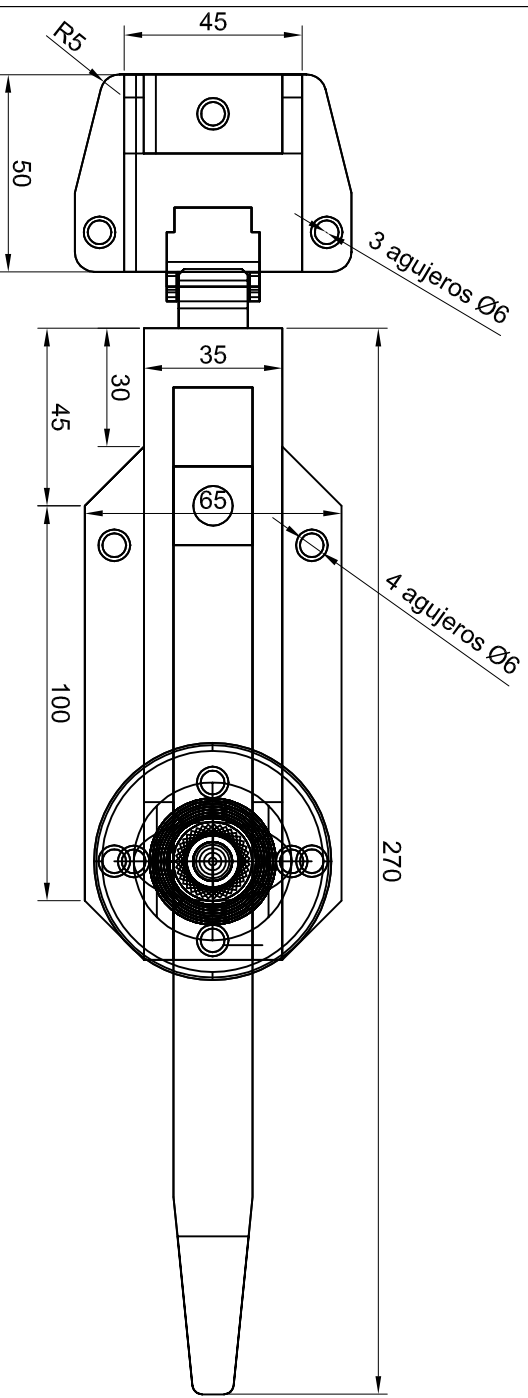
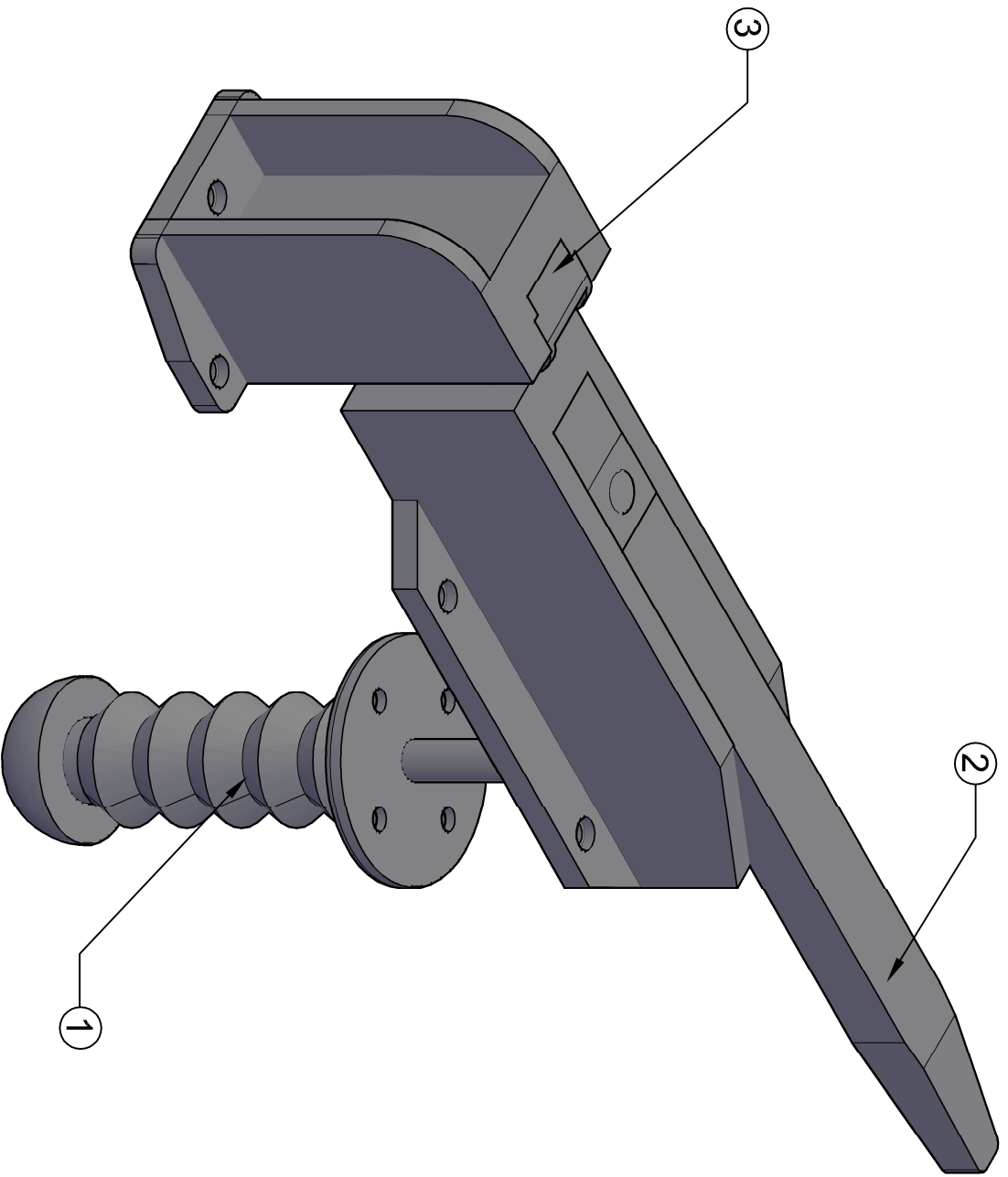


Modelo Compresor	L.M Compresor	Tensión Frecuencia	Protector Interno	Relé Voltimétrico	Capacitor Partida	Capacitor Permanente
			UBUKATA	ELÉCTRICA		
TYA2446ZES	TY413ES	220V / 60Hz	TB3E	RVA4AP3C	88-108MFD/ 330VAC	15MFD / 440VAC
			Texas	G.E		
			14HM1011-111	3ARR3A3D3		

Tratamiento térmico:		N/A		Material:		Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:		Pintura		N/A		N/A	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S	Dis:	Catucuago N. Tipán L.	2015-03-05	
				Dib:	Catucuago N. Tipán L.	2015-03-05	
				Rev:	Ing. Salvatore Reina	2015-03-05	
TEMA: Diagrama Eléctrico de Unidad Condensadora			Escala: S/E	Código: 10.110490.111070.001.05		Tol.Gral: N/A	



3	Placa bisagra	1		ASTM A-36	200x60*80	
2	Perno	1		ANSI-4140	M8 X 90	DIN ISO 4116
1	Soporte de bisagra	1		ASTM A-36	135x70x10	
Ref.	Denominación.	Cant.	Código.	Material.	Dim. Brutas.	Observaciones.
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S	Dis:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05
				Dib:	Catcuago N. - Tipán L.	2015-05-05
				Rev:	Ing. Salvatore Reina	2015-05-05
TEMA:	BISGRA QKL-12		Escala: 1:10	Código: 10.110490.111070.01.06	Tol.Gral: +/- 1.00	



3	Picaporte	1		ASTM A-36	900x300*100	
2	Chapa	1		ASTM A-36	Ø 290	
1	Salva-vida apertura interior	1		Plástico	980x265x349	
Ref.	Denominación.	Cant.	Código	Material.	Dim. Brutas.	Observaciones.

CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S		
Dis:			Caticuago N. - Tipán L.		
Dib:			Caticuago N. - Tipán L.		
Rev:			Ing. Salvatore Reina		

TEMA:	Escala:	Código:	Tol.Gral:
CERROJO OKL-12	1:10	10.110490.111070.001.07	+/- 1.00